MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

Département du Génie Électrique



Projet de fin d'études

Présenté pour l'obtention du Diplôme De Master enÉlectronique.

Conception d`une interface home-machine (IHM) d`un lavage Automobile a l`aide de Node-red

Spécialité : Automatique et systémes

Proposé et dirigé par:

Encadreur : Pr:HENINI.N

Co-Encadreur:

PHD.ANIBA Yahia

Préparé et présenté par :

Khelfat Ayoub
Imad chorfi belhadj

Année Universitaire : 2023-2024

Travail préparé au sein du Laboratoire des Systèmes électroniques avancés (LSEA) de l'Université de Médéa ,ALGERIE

إهداء

□□□□□□□ □□□□□□ □□□□ □□□

الحمد لله الذي بفضله تتم الصالحات، والصلاة والسلام على أشرف الخلق والمرسلين، نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

إلى من كانوا السبب في وصولي إلى هذا اليوم، أهدي هذا العمل إليهم بكل حب وامتنان:

والدي العزيز، شكراً لدعمك المتواصل وتشجيعك لي في كل خطوة خطوتها في حياتي. كلماتك كانت دوماً مصدر إلهامي وقوتي.

والدتي الحبيبة، يا من أضاءت حياتي بدعواتك الصادقة ونصائحك الثمينة. كنتِ دائماً السند والقلب الحنون الذي ألجأ إليه.

إخوتي وأخواتي الأعزاء، لقد كنتم دعماً كبيراً لي في رحلتي هذه. شكراً لكم على تفهمكم ومساعدتكم المستمرة.

أصدقائي الأعزا□، الذين كانوا دائماً بجانبي بتشجيعهم ودعمهم المستمر.

لقد كنتم ولا زلتم جزءاً لا يتجزأ من حياتي ونجاحي.

أساتذتي الأفاضل، الذين لم يبخلوا عليّ بعلمهم ومعرفتهم، وأرشدوني في مسيرتي الأكاديمية. شكراً لكم على كل ما قدمتموه لي.

إلى كل من ساهم في هذا العمل بشكل مباشر أو غير مباشر، أهدي لكم هذا الإنجاز وأتمنى أن يكون نقطة انطلاق لمزيد من النجاحات.

والله ولي التوفيق،

[ايوب]

إهداء

□□□ □□□□ □□□□□□ □□□□□□□

اهدي هذا النجاح إلى كل من أبي و أمي اللذين تعبو من أجل وصولي إلى هذا اليوم و كل من أميرة بوشهير التي ساعدتني في مشواري الجامعي و عائلتي الثانية و هي تكتل الطلبة الجزائريين الاحرار و جميع اعضاء المكتب الوطني أمال بونعجة و رمزي سلطان و مصباح إيهاب و حمزة منزول و صادق شمس الدين و امين دبوز و كل اصدقائي المقربون عبد السلام و دهود ولد محي الدين و مهدي بهيو و يحى العمري و القائمة طويلة اشكر جزيل الشكر و ممتن لكم على كل شئ

[عماد]

Remerciement:

D`abord , Nous remercions le tout puissant et miséricordieux Allah, qui nous a accordé sante, énergie et volonté, pour que nous soyons aujourd'hui ici avecce parcours et ce travail.Bien sûr, voici une version mise à jour pour inclure vos remerciements à vos professeurs :

Nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements à nos parents, nos frères et sœurs, nos amis et à tous nos professeurs qui ont été d'un soutien inestimable tout au long de notre parcours académique jusqu'à la réalisation de ce mémoire de PFE pour le Master 2.

À nos chers parents, votre amour, votre dévouement et votre encouragement ont été les piliers sur lesquels nous nous sommes appuyés à chaque étape de ce voyage. Votre soutien inconditionnel et vos sacrifices ont rendu cette réussite possible. Nous vous sommes profondément reconnaissants pour tout ce que vous avez fait pour nous.À nos frères et sœurs , votre soutien constant, vos encouragements et votre fierté à notre égard ont été une source d'inspiration permanente. Nous avons été bénis de pouvoir compter sur votre présence et votre soutien tout au long de cette aventure.À nos chers amis, [Prénoms des amis], votre amitié précieuse, vos encouragements enthousiastes et votre soutien indéfectible ont rendu ce parcours non seulement enrichissant mais aussi joyeux. Vos mots d'encouragement, vos sourires et votre camaraderie ont illumin nos journées et ont fait de chaque défi un peu plus facile à surmonter.

Et à tous nos professeurs, nous tenons à vous exprimer notre profonde gratitude pour votre enseignement, vos conseils précieux et votre soutien tout au long de notre parcours académique. Votre expertise, votre dévouement et votre engagement envers notre réussite ont été une source d'inspiration pour nous. Nous vous remercions pour avoir partagé votre savoir et votre passion avec nous, et pour nous avoir encouragés à donner le meilleur de nous-mêmes.

À nos parents, nos frères, nos sœurs, nos amis et nos professeurs, nous vous adressons nos plus sincères remerciements pour votre amour, votre soutien et votre présence tout au long de cette aventure. Cette réussite est aussi la vôtre, et nous sommes profondément reconnaissants de vous avoir à nos côtés.

Encore une fois, n'hésitez pas à personnaliser ce texte selon vos relations et vos expériences personnelles

ملخص

خدمات غسيل السيارات تعتبر في كثير من الأحيان أعمالًا تقليدية، إلا أنها مدفوعة بشكل متزايد هده الايام لدلك قمنا بـتصميم واجهة مناسبة بين الإنسان والآلة (IHM) لخدمات غسيل السيارات. تلعب IHM دورًا حيويًا كنقطة اتصال بين العملاء وأنظمة غسيل السيارات الآلية، وبالتالي تسهيل المعاملات وتوفير المعلومات ذات الصلة لتبني حلول تقنية مبتكرة لتلبية احتياجات العملاء المتغيرة وتحسين الكفاءة التشغيلية وتحسين تجربة المستخدم الشاملة.

الكلمات المفتاحية : خدمات غسيل السيارات - واجهة مناسبة بين الإنسان والآلة - وأنظمة غسيل السيارات الآلية- تسهيل المعاملات.

Résumé :

Les services de lavage de voitures sont souvent considérés comme des activités traditionnelles, mais ils connaissent une demande croissante ces jours-ci. C'est pourquoi nous avons conçu une Interface Homme-Machine (IHM) adaptée pour les services de lavage de voitures. L'IHM joue un rôle crucial en tant que point de contact entre les clients et les systèmes de lavage automatiques de voitures, facilitant ainsi les transactions et fournissant des informations pertinentes pour développer des solutions technologiques innovantes répondant aux besoins changeants des clients, améliorant l'efficacité opérationnelle et optimisant l'expérience utilisateur globale.

Les mots clés : Services de lavage de voiture - interface homme-machine pratique - financement de systèmes de lavage de voiture - facilitation des transactions.

Summary:

Car wash services are often considered traditional businesses, but they are increasingly in demand these days. That's why we have designed a suitable Human-Machine Interface (HMI) for car wash services. The HMI plays a crucial role as a point of contact between customers and automated car wash systems, thereby facilitating transactions and providing relevant information to develop innovative technological solutions to meet changing customer needs, improving operational efficiency, and enhancing the overall user experience.

Keywords: Car wash services - convenient human-machine interface - financing of car wash systems - transaction facilitation.

Sommaire :

Liste des Figures Liste deDiagramme
Liste des abréviations

Remerciement: ..... - 5 -
Résumé : ..... - 6 -
Sommaire : ..... **Error! Bookmark not defined.**
LISTE DES FIGURES: ..... - 11 -
LISTE DES Diagrammes : ..... - 15 -
LISTE DES ABREVIATIONS: ..... - 16 -
IHM : Interface Homme-Machine ..... - 16 -
Introduction Générale : ..... - 17 -
Chapitre I : ..... - 19 -
Défis et Opportunités dans la Conception d'une Interface Homme-Machine pour les Services de Lavage de Voitures ..... - 19 -
1.4.7. Synthèse et Perspectives: ..... - 37 -
Chapitre II : ..... - 38 -
II.1. Introduction: ..... - 39 -
II.2. Systèmes automatisé et automatisme: ..... - 39 -
II.3. Les objectifs de l'automatisation: ..... - 40 -
II.4. Structure de système automatisé : ..... - 40 -
II.5.1. Les Capteures: ..... - 41 -
II.5.2. Actionneurs: ..... - 42 -
II.5.2.2. Actionneurs hydrauliques : ..... - 43 -
II.5.3. Pré-actionneurs électriques: ..... - 43 -
II.9.1. Avantages : ..... - 45 -
II.9.2 Inconvénients : ..... - 45 -
II.10. Lavage automobile: ..... - 45 -
II.12. Types de lavage: ..... - 46 -
II.12.1. Lavage Manuel: ..... - 46 -
II.12.2. Lavage haute pression ou à vapeur: ..... - 47 -
II.12.3. Lavage portique à brosses: ..... - 47 -
Figure II.10 : lavage portique a brosse ..... - 48 -
II.12.4.Lavage sans eau: ..... - 49 -

II.14.1.Moteur électrique: ..... - 50 -
II.14.2 Les capteurs photoélectriques: ..... - 51 -
II.14.3 Convoyeur (Tapis Roulant): ..... - 52 -
II.14.4. Les dispositifs de diffusion: ..... - 53 -
II.14.5 Séchoir : ..... - 54 -
Figure II.16 : Matériel de séchage ..... - 54 -
II.15. Conclusion : ..... - 54 -
Chapitre III : ..... - 55 -
Logiciel et matériel ..... - 55 -
III.1. Logiciels : ..... - 56 -
III.1. 1. Node-RED : ..... - 56 -
Figure III.5: Développement d'un objet connecté - Node-Red ..... - 59 -
III.7: Sélection du Type de Lavage ..... - 60 -
Figure III.10: UI Elements that Every Designer Must Know Studio by UXPin ..... - 62 -
 Méthodes de Communication Supportées ..... - 63 -
III.2.1. Écrans tactiles : ..... - 64 -
Figure III.11: Borne tactile - Écran 42 pouces ..... - 64 -
III.2.3.Capteurs : ..... - 65 -
Figure III.23:Capteur de position 5491325 pour CumSERVICES, pièces de moteur ..... - 71 -
Figure III.24: Capteurs De Température D'air Ambiant Pour Détecter La Température De L'air Extérieur De La Voiture Compatible Avec 1 3 5 6 7 Série X3 X5 X6 Z4 Z8 E46 E90 E91 Oem 65816905133 Ambient Air Temperature. ..... - 72 -
III.2.4. Actionneurs : ..... - 76 -
III.2.4.3.Pompes à eau haute pression : ..... - 77 -
III.2.4.4.Pompes de circulation d'eau : ..... - 78 -
III.2.4.5.Moteurs de convoyeur : ..... - 78 -
Figure III.38: exemple d un Model d eclirage ..... - 81 -
Chapitre IV: ..... - 85 -
IMPLIMENTATION ET RESULTAT ..... - 85 -

IV.1 Diagramme de flux de processus :..... - 87 -
 Introduction au Diagramme de Flux de Processus du Lavage des Voitures..... - 87 -
Le processus de lavage des voitures est une opération complexe qui nécessite une séquence précise d'étapes pour assurer un nettoyage efficace et satisfaisant. Ce diagramme de flux de processus vise à illustrer de manière systématique chaque étape du parcours que suit une voiture depuis son arrivée au site de lavage jusqu'à ce qu'elle soit prête à être récupérée par le client. ..... - 87 -
IV.2.1. Début du Processus..... - 87 -
 Arrivée du Client au Site de Lavage..... - 87 -
- Le processus commence lorsque le client arrive au site de lavage avec son véhicule. ..... - 87 -
 Détection de la Présence de la Voiture ..... - 87 -
- Le système de détection vérifie la présence du véhicule à l'entrée du site de lavage. ..... - 87 -
 Sélection du Type de Lavage Préféré ..... - 87 -
- Le client sélectionne le type de lavage qu'il souhaite (standard, premium, etc.) en fonction de ses besoins et de son budget..... - 87 -
 Paiement..... - 87 -
- Le client effectue le paiement pour le service de lavage choisi. ..... - 87 -
IV.2.2. Validation du Paiement..... - 87 -
 Vérification du Paiement ..... - 87 -
- Le système vérifie la validité du paiement effectué par le client. ..... - 87 -
 Validation du Paiement..... - 87 -
- Si le paiement est vérifié avec succès, le système autorise le véhicule à entrer dans le processus de lavage. - 87 -
 Fermeture des Portes de Lavage..... - 87 -
- Les portes du compartiment de lavage se ferment automatiquement une fois que le véhicule est à l'intérieur. - 88 -
IV.2.3. Processus de Lavage ..... - 88 -
 Pré-Lavage ..... - 88 -
- Le système commence par appliquer un pré-lavage pour éliminer les saletés grossières et préparer la surface du véhicule pour le lavage principal. ..... - 88 -
 Lavage Principal..... - 88 -
- Le lavage principal est effectué à l'aide de brosses, de jets d'eau et de produits de nettoyage appropriés pour éliminer la saleté et les résidus de la carrosserie. ..... - 88 -
 Rinçage ..... - 88 -
- Après le lavage principal, le système procède au rinçage complet du véhicule pour enlever tous les résidus de savon et de produits chimiques. ..... - 88 -
 Séchage ..... - 88 -

- Une fois le rinçage terminé, le système utilise des souffleries d'air chaud ou des serviettes pour sécher efficacement la carrosserie de la voiture. ..... - 88 -
IV.2.4. Fin du Processus ..... - 88 -
 Lavage Terminé et Prêt ..... - 88 -
- Une fois le séchage terminé, le système signale que le lavage est terminé et que la voiture est prête à être récupérée par le client. ..... - 88 -
Conclusion ..... - 88 -
Ce diagramme de flux de processus illustre clairement chaque étape du processus de lavage des voitures, depuis l'arrivée du client jusqu'à la fin du processus de lavage. Chaque étape est conçue pour assurer une expérience fluide et efficace, tout en garantissant un nettoyage complet et de haute qualité du véhicule du client. ..... - 88 -
IV.5.1. diagramme de déploiement : ..... - 93 -
1. Communication entre l'IHM et Node-RED : ..... - 99 -
2. Transmission des Données ..... - 105 -
3. Traitement et Contrôle ..... - 105 -
6. Avantages et Résultats Attendus ..... - 106 -
7. Vérification du Paiement ..... - 107 -
Conclusion Générale : ..... - 109 -
Références bibliographiques : ..... - 110 -

LISTE DES FIGURES:

CHAPITRE 1 :

Figure I.1:PROBLEMATIQUE……..-21-

Figure I.2: CAR WASH UTILS……..-21-

CHAPITRE 2 :

figure II.1: un système automatisé…….-39-

figure II.2: les capteures analogique……..-40-

figure II.3: Actionneur……-41-

figure II.4: Exemple D'un actionneur pneumatique……..-42-

figure II.5: actionneurs hydrauliques…….-42-

figure II.6: pré-actionneurs électriques……..-43-

Figure II.7: [12] : le lavage manuel …….-45-

Figure II.8 : Lavage a haute pression ou à vapeur ……..…-46-

Figure II.9 : lavage portique a brosse…….-47-

Figure II.10 : lavage portique a brosse……..… -47-

Figure II.11: lavage sans eau……- 48-

Figure II.12: RS-550 DC 12-24V 5800 RPM Micro Moteur Électrique pour Divers Perceuse Électrique sans Fil……..… -49-

Figure II.13: capteur photoélectrique Capteur photoélectrique à réflexion diffuse E3Z-D62 de Omron……-50-

Figure II.14: représente le convoyeur (tapis roulant). Exemple d'une bande transporteuse (tapis roulant)……..…- 51-

Figure II.15: AR Blue Clean AR383 Nettoyeur haute pression électrique 1900 psi, 1,7 GPM, accessoires de connexion à baïonnette 11 A, rangement à bord, nettoyeur haute pression portable, haute pression, lave-auto……- 52-

Figure II.16 : Matériel de séchage…… -53-

CHAPITRE 3 :

Figure III.1 : logo de node-red……- 55-

Figure III.2 : Interface de node-red……...……-55-

Figure III.3: flux Node-RED……..…-56-

Figure III.4: Capture d ecran montrant comment les nœuds sont connectés et manipulés……..…-57-

Figure III.5: Développement d'un objet connecté - Node-Red……-58-

Figure III.6: exemple des Modules et Nœuds Personnalisés……-58-

Figure III.7: Sélection du Type de Lavage……-59-

Figure III.8: Contrôle des Paramètres du Lavage……..…-60-

Figure III.9: conception d'ihm interface design tools……-61-

Figure III.10: UI Elements that Every Designer Must Know Studio by UXPin ……..……..-61-

Figure III.11: Borne tactile - Écran 42 pouces ……..…-63-

Figure III.12: Raspberry Pi 4 Modèle B 8GB RAM Quad-core Processeur Dual-Band WiFi ……..…-64-

Figure III.13 : Capteur de pression d'eau……..…-65-

Figure III.14 : capteur niveau d’eau étanche Flotteur 45mm DC110V……-65-

Figure III.15: Capteur de débit d'eau à effet Hall YF-S201 1-30L/min……-66-

Figure III.16: Capteur de température DS18B20 étanche……..……-66-

Figure III.17: Capteur à ultrasons HC-SR04……-67-

Figure III.18: Les capteurs de détection de véhicules……..…-67-

Figure III.19: CAPTEUR DE LUMIÈRE TSL2561……-68-

Figure III.20: CAPTEUR DE QUALITÉ DE L'AIR SDS011……-69-

Figure III.21: Capteur de boucle inductive SYK01……-69-

Figure III.22: Kit Capteur De Conductivité K 1.0 Atlas Scientific……..…-70-

Figure III.23:Capteur de position 5491325 pour CumSERVICES, pièces de moteur……-70-

Figure III.24: Capteurs De Température D'air Ambiant Pour Détecter La Température De L'air Extérieur De La Voiture Compatible Avec 1 3 5 6 7 Série X3 X5 X6 Z4 Z8 E46 E90 E91 Oem 65816905133 Ambient Air Temperature.……-71-

Figure III.25: Débitmètre Sensirion SFM3000 pour Gaz, -200 slm à 200 slm, raccord 2 fils I2C……..……-72-

Figure III.26: Distributeur de savon mousse Tork Image Design avec capteur……-72-

Figure III.27: capteure pour le contrôle de présence, le contrôle de forme, le comptage et le tri
Figure III.28: Module capteur de vibrations KY-
002……..……..…-73-
Figure III.29: Capteur de niveau sonore LM393……..…-73-
Figure III.30: Capteur de gaz MQ135…….……-74-
Figure III.31: Moteur À Balais 150W DC 12V 24V……..… -74-
Figure III.32: Sonew pompe à eau à membrane 12V DC 100W 8L / Min 160Psi pompe à eau auto-amorçante à membrane haute pression pour lavage…….……-76-
Figure III.33: DC 12V 800L - H 5M Pompe à Eau Submersible sans balais pour système de Circulation d'eau système de Circulation Solaire[100]……-76-
Figure III.34: Moteur de réduction de vitesse pour dispositif de transmission, équipement de convoyeur……-77-
Figure III.35: Vérin pneumatique double effet ISO 15552 grand
diamètre……..…-77-
Figure III.36: Électrovanne à action directe à 2 voies série 2W160-15 de U.S.
Solid……-78-
Figure III.37: IP65 Cote IP Certification CE lumière LED solaire
100W……..……-79-
Figure III.38: exemple d un Model d eclirage …….……-79-
Figure III.39. Alarme sonore et lumineuse industrielle et ATEX -
A2S……-81-
Figure III.40: Ventilateur de séchage industriel Masterflow 3 de
XPOWER……..……-82-
Figure III.41: voiture dans la partie de sechage……-82-
Figure III.42: portes automatiques…….-83-
Figure III.43: Terminal de paiement sans contact Verifone VX
820…… ……..-83-

CHAPITRE 4:

Figure IV.1: Selection de type de lavage avec l`IHM……-96-

FigureIV.2:l`activation et la desactivation de tout les utils de lavage ……..-96-

Figure IV.3: IHM Controle generale des brosses et de l`eau de savon l`activation et ladesactivation de lavage et de sechage tout en un……..…-97-

Figure IV.4: Exemple de Controler la pression d eau (IHM slider)……-97-

Figure IV.5: L`activation et la desactivation de lavage depuit L`IHM…….-104-

Figure IV.6: L`ajoute de deux neuveaux postes de lavage……..……-104-

Figure IV.7: L`ajoute de deux neuveaux postes de lavage…….…… -105-

Figure IV.8: Contrôle generale des systemes……- 105-

Figure IV.9: exemple d`un flux pour controller lavage generallement…… ……-108-

LISTE DES Diagrammes :

Diagramme de flux de processus……..….-89-
Diagramme de séquence……-90-
Diagramme d'activité……..-91-
diagramme de cas d'utilisation (use case diagram)……-92-
diagramme de déploiement…….-93-
Diagramme de Câblage Général…….-99-

LISTE DES ABREVIATIONS:

IHM : Interface Homme-Machine

IdO : Internet des objets

IA : Intelligence artificielle

RA : Réalité augmentée

GEMMA : Guide d'Études des Modes de Marches et d'Arrêts

PR : Partie Relation

P.C : Partie Commande

IoT : Internet des Objets

API : Application Programming Interface

MQTT : Message Queuing Telemetry Transport

HTTP : HyperText Transfer Protocol

OPC UA : Open Platform Communications Unified Architecture

CC : Courant Continu

DC : Direct Current (Courant Continu en anglais)

WebSocket : Protocole de communication bidirectionnelle

OPC UA : OLE for Process Control Unified Architecture

pH : Potentiel Hydrogène

ISO : International Organization for Standardization

LED : Light Emitting Diode

DC : Direct Current

ATEX : Atmosphères Explosives

WiFi : Wireless Fidelity

RAM : Random Access Memory

Introduction Générale :

Dans un monde en constante évolution où la technologie façonne de manière significative nos interactions quotidiennes, l'industrie automobile n'est pas restée à l'écart de cette transformation. Les services de lavage de voitures, bien que souvent considérés comme des entreprises traditionnelles, sont de plus en plus amenés à adopter des solutions technologiques innovantes pour répondre aux besoins changeants des clients et améliorer l'efficacité opérationnelle.

L'un des aspects clés de cette transformation réside dans la conception d'une Interface Homme-Machine (IHM) adaptée pour les services de lavage de voitures. L'IHM joue un rôle essentiel en tant que point de contact entre les clients et les systèmes automatisés de lavage de voitures, facilitant ainsi les transactions, fournissant des informations pertinentes et améliorant l'expérience globale de l'utilisateur[1].

L'importance de concevoir une IHM efficace pour un service de lavage de voitures ne peut être sous-estimée. En effet, une IHM bien conçue peut simplifier le processus de lavage pour les clients, en leur offrant une expérience conviviale et intuitive. De plus, elle peut contribuer à optimiser les opérations de la station de lavage en réduisant les temps d'attente, en minimisant les erreurs de transaction et en améliorant la gestion des ressources telles que l'eau, l'énergie et les produits chimiques[2].

Les avantages d'une IHM bien pensée ne se limitent pas aux seuls clients. Les exploitants de services de lavage de voitures peuvent également bénéficier d'une IHM efficace en termes d'efficacité opérationnelle, de productivité accrue et de compétitivité sur le marché. Une IHM bien conçue peut faciliter la gestion des flux de clients, simplifier les processus de paiement et fournir des outils de surveillance en temps réel pour optimiser les performances de la station de lavage[2].

En outre, la conception d'une IHM pour un service de lavage de voitures offre l'opportunité d'intégrer des technologies innovantes telles que la reconnaissance faciale, le paiement sans contact et l'analyse des données pour offrir une expérience encore plus personnalisée et sécurisée aux clients.

Dans ce contexte, ce mémoire se propose d'explorer les défis, les opportunités et les meilleures pratiques liés à la conception d'une IHM pour un service de lavage de voitures. En combinant une compréhension approfondie des besoins des utilisateurs et des exploitants avec les possibilités offertes par les technologies émergentes telles que Node-RED, nous cherchons

à proposer des solutions novatrices et pratiques pour transformer l'expérience de lavage de voitures et répondre aux exigences d'un marché en constante évolution[3].

Organisation du mémoire

Ce mémoire est organisé en quatre chapitres :

- **Chapitre 1 :** Introduction, problématique, motivations et objectifs de ce travail.
- **Chapitre 2 :** Analyse des besoins des utilisateurs et des exploitants de stations de lavage de voitures.
- **Chapitre 3 :** Exploration des technologies émergentes et des tendances de l'IHM et de node-red dans le contexte du lavage de voitures.
- **Chapitre 4 :** Recommandations et meilleures pratiques pour la conception et l'implémentation d'une IHM efficace pour les services de lavage de voitures.

Ensemble, ces chapitres fourniront une vue d'ensemble complète des défis, des opportunités et des meilleures pratiques dans le domaine de la conception d'une IHM pour les services de lavage de voitures.

Chapitre I :

Défis et Opportunités dans la Conception d'une Interface Homme-Machine pour les Services de Lavage de Voitures

Chapitre I : Conception d'une Interface Homme-Machine pour les Services de Lavage de Voitures : Défis, Opportunités et Meilleures Pratiques

I.1 Introduction

Le lavage automobile est un secteur clé de l'industrie automobile, offrant des services de nettoyage et d'entretien essentiels aux propriétaires de véhicules individuels et aux flottes commerciales. Dans une société où le temps et la commodité sont des valeurs essentielles, les consommateurs recherchent des solutions de lavage de voitures qui offrent une combinaison de qualité, de rapidité et de praticité. L'Interface Homme-Machine (IHM) joue un rôle central dans la création d'une expérience utilisateur satisfaisante et efficace dans ce domaine. Ce chapitre examine les défis, les opportunités et les meilleures pratiques liés à la conception d'une IHM pour les services de lavage de voitures.[1]

I.2 Problématique

La conception d'une IHM efficace pour les services de lavage de voitures est confrontée à plusieurs défis, notamment :

- Comment concevoir une interface conviviale qui simplifie le processus de lavage pour les utilisateurs tout en optimisant les opérations pour les prestataires de services ? [4]
- Quels sont les besoins et les attentes des clients en matière de lavage de voitures, et comment ces éléments peuvent-ils être traduits en exigences de conception pour l'IHM ?[5]
- Quelles sont les technologies émergentes et les tendances de l'IHM qui peuvent être intégrées pour améliorer l'expérience globale du lavage de voitures, et quels sont les défis associés à cette intégration ?[6]
- Quels sont les défis spécifiques associés à la conception d'une IHM pour les services de lavage de voitures, tels que les contraintes d'espace et les interactions avec les véhicules ?[7]

voici des problématiques supplémentaires que nous pourrons explorons dans le chapitre :

1) **Adaptation aux préférences des utilisateurs :** Comment concevoir une IHM qui s'adapte aux différentes préférences des utilisateurs en matière de lavage de voitures, qu'il s'agisse de choix de programmes, de méthodes de paiement ou d'options de personnalisation ?

2) **Intégration de la durabilité et de l'écologie :** Quels sont les défis et les opportunités de concevoir une IHM qui intègre des pratiques de lavage de voitures écologiques et durables, telles que l'utilisation de produits respectueux de l'environnement et la réduction de la consommation d'eau ?

3) **Gestion des pics de demande :** Comment concevoir une IHM capable de gérer efficacement les pics de demande, tels que les périodes de forte affluence pendant les jours de pluie ou les heures de pointe, tout en maintenant une expérience fluide pour les utilisateurs ?

4) **Accessibilité pour tous :** Quels sont les défis spécifiques liés à la conception d'une IHM accessible pour tous, y compris les personnes handicapées ou âgées, et comment ces défis peuvent-ils être abordés pour garantir une expérience inclusive pour tous les utilisateurs ?

5) **Sécurité et confidentialité des données :** Quelles sont les considérations en matière de sécurité et de confidentialité des données associées à la conception d'une IHM pour les services de lavage de voitures, et comment ces aspects peuvent-ils être intégrés dans la conception pour garantir la protection des utilisateurs ?

6) **Interactions avec les véhicules autonomes :** Quels sont les défis uniques liés à la conception d'une IHM pour les services de lavage de voitures dans un contexte où les véhicules autonomes deviennent de plus en plus courants, et comment l'IHM peut-elle interagir de manière efficace avec ces véhicules ?

7) **Gestion des retours clients :** Comment concevoir une IHM qui permette aux utilisateurs de fournir facilement des retours sur leur expérience de lavage de voitures,

et comment ces retours peuvent-ils être intégrés pour améliorer continuellement le service ?

8) **Formation du personnel :** Quels sont les défis liés à la formation du personnel sur l'utilisation de l'IHM et comment concevoir une interface qui facilite la formation et garantit la cohérence des interactions avec les utilisateurs ?

9) **Personnalisation et fidélisation :** Comment concevoir une IHM qui permette la personnalisation des services de lavage de voitures en fonction des préférences et du comportement des utilisateurs, et comment cette personnalisation peut-elle contribuer à la fidélisation de la clientèle ?

10) **Intégration avec les plateformes externes :** Quels sont les défis associés à l'intégration de l'IHM des services de lavage de voitures avec d'autres plateformes externes telles que les applications mobiles de réservation et de paiement, et comment assurer une expérience fluide pour les utilisateurs tout au long du processus ?



Figure I.1:PROBLEMATIQUE

I.3. Motivations

voici dix motivations pour la conception d'une IHM efficace pour les services de lavage de voitures :

1) **Améliorer l'expérience utilisateur :** La principale motivation est de créer une IHM conviviale qui simplifie le processus de lavage de voitures pour les utilisateurs, améliorant ainsi leur satisfaction et fidélité à la marque.

2) **Optimiser les opérations commerciales :** Une IHM bien conçue peut contribuer à optimiser les opérations pour les exploitants de stations de lavage en réduisant les temps d'attente, en augmentant l'efficacité du personnel et en améliorant la gestion globale du service.

3) **Exploiter les avancées technologiques :** La conception d'une IHM innovante permet d'exploiter les avancées technologiques telles que l'Internet des objets (IdO), l'intelligence artificielle (IA) et la réalité augmentée pour offrir des fonctionnalités différenciées et améliorer l'expérience utilisateur.

4) **Répondre aux besoins spécifiques des clients :** Une IHM bien conçue permet de répondre aux besoins spécifiques des clients en offrant des options de personnalisation, des choix de programmes de lavage et des méthodes de paiement variées.

5) **Augmenter la satisfaction client :** En simplifiant le processus de lavage de voitures et en offrant une expérience fluide, une IHM efficace contribue à augmenter la satisfaction des clients et à renforcer leur fidélité à la marque.

6) **Améliorer la réputation de la marque :** Une IHM conviviale et innovante renforce la réputation de la marque en tant que leader dans le domaine du lavage de voitures, attirant ainsi de nouveaux clients et fidélisant les clients existants.

7) **Accroître l'efficacité opérationnelle :** Une IHM optimisée contribue à accroître l'efficacité opérationnelle des stations de lavage en réduisant les temps d'attente, en minimisant les erreurs humaines et en améliorant la productivité globale.

8) **Offrir des fonctionnalités différenciées :** Une IHM innovante permet d'offrir des fonctionnalités différenciées telles que la réservation en ligne, le suivi en temps réel du processus de lavage et des recommandations personnalisées, ce qui peut aider à attirer de nouveaux clients et à fidéliser les clients existants.

9) **S'adapter aux tendances du marché :** En suivant les tendances du marché telles que l'émergence des véhicules électriques et autonomes, une IHM bien conçue peut s'adapter aux nouveaux besoins des clients et rester compétitive sur le marché.

10) **Contribuer au développement durable :** En intégrant des pratiques de lavage de voitures écologiques et durables dans l'IHM, les stations de lavage peuvent contribuer à la préservation de l'environnement et répondre aux attentes croissantes des clients en matière de responsabilité environnementale.[2]

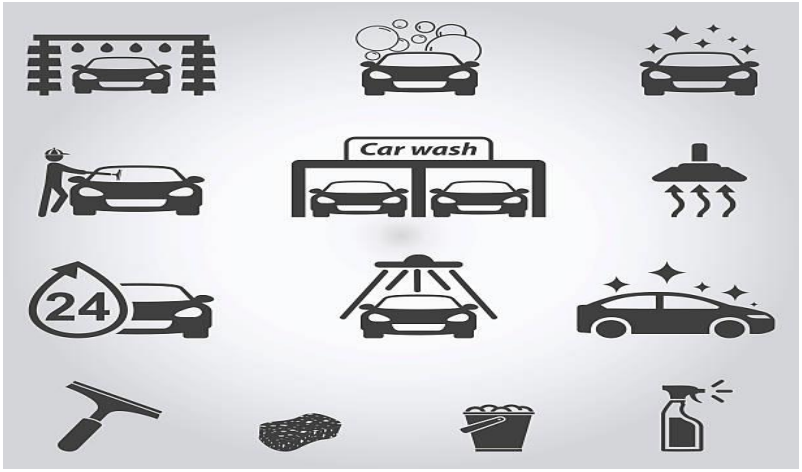


Figure I.2: CAR WASH UTILS

I.4. Objectives de ce travail

Ce travail vise à :

Analyser les défis spécifiques liés à la conception d'une Interface Homme-Machine (IHM) pour les services de lavage de voitures:

- ✓ **Simplicité et facilité d'utilisation:** Les utilisateurs des services de lavage de voitures sont souvent pressés et recherchent une expérience rapide et efficace. L'IHM doit être intuitive et facile à utiliser, avec des fonctionnalités claires et un processus de commande simple pour minimiser le temps d'attente et la confusion.

- ✓ **Résistance aux intempéries et à l'environnement:** Les IHM utilisées dans les stations de lavage de voitures doivent être conçues pour résister aux conditions environnementales difficiles telles que l'eau, la saleté, la chaleur et le froid. Les écrans tactiles doivent être robustes et sensibles même lorsqu'ils sont mouillés, et les boutons physiques doivent être protégés contre les dommages.

- ✓ **Adaptabilité aux différents types de véhicules:** Les stations de lavage de voitures doivent être capables de traiter une grande variété de véhicules, allant des voitures compactes aux camions et aux véhicules utilitaires. L'IHM doit être capable de s'adapter facilement aux différents besoins de lavage, de taille et de forme des véhicules, en offrant des options de personnalisation appropriées.

- ✓ **Gestion des paiements et des transactions:**

Les systèmes de lavage de voitures impliquent souvent des paiements automatisés, que ce soit par carte de crédit, paiement sans contact ou jetons. L'IHM doit être sécurisée et fiable pour traiter les transactions financières en toute sécurité, tout en offrant une expérience fluide aux utilisateurs.

Communication claire des instructions et des options: Les utilisateurs doivent être guidés à travers le processus de lavage de manière claire et concise. L'IHM doit fournir des instructions étape par étape sur la façon d'utiliser le système de lavage, ainsi que des

informations sur les options disponibles telles que les différents programmes de lavage et les services supplémentaires.

- ✓ **Accessibilité pour les personnes handicapées:** L'IHM doit être conçue pour être accessible aux personnes handicapées, y compris celles ayant des limitations visuelles ou motrices. Cela peut impliquer l'utilisation de fonctionnalités telles que des commandes vocales, des interfaces tactiles adaptées et un design inclusif pour faciliter l'utilisation par tous les utilisateurs.

Comprendre les besoins et les attentes des utilisateurs et des exploitants de stations de lavage en matière d'IHM:

I.4.1. Besoins et attentes des utilisateurs :

- **Facilité d'utilisation :** Les utilisateurs attendent une interface simple et intuitive qui leur permette de naviguer facilement à travers les différentes options de lavage et de sélectionner rapidement le programme souhaité.

- **Rapidité et efficacité :** Les clients recherchent une expérience de lavage rapide et sans tracas. Ils s'attendent à ce que l'IHM facilite un processus fluide, avec des instructions claires et un fonctionnement rapide des équipements de lavage.

- **Options de personnalisation :** Certains utilisateurs peuvent avoir des préférences spécifiques en matière de lavage, comme le choix du type de produit de lavage, la température de l'eau ou l'utilisation d'une cire protectrice. L'IHM doit offrir des options de personnalisation pour répondre à ces besoins individuels.

- **Transparence des prix :** Les utilisateurs veulent connaître clairement les tarifs des différents programmes de lavage et des services supplémentaires avant de faire leur choix. L'IHM doit afficher de manière transparente les prix et les options de paiement disponibles.

- **Fiabilité et sécurité :** Les clients s'attendent à ce que l'IHM fonctionne de manière fiable et sécurisée, en particulier lorsqu'il s'agit de traiter des transactions financières. Ils veulent

avoir confiance dans le système de paiement et être assurés que leurs données personnelles sont protégées.

I.4.2. Besoins et attentes des exploitants de stations de lavage :

- **Facilité de gestion :** Les exploitants de stations de lavage recherchent une IHM qui leur permette de gérer facilement les opérations quotidiennes, y compris la surveillance de l'état des équipements, la gestion des stocks de produits de lavage et le suivi des performances financières.

- **Maintenance et assistance :** Les exploitants ont besoin d'une IHM qui facilite la maintenance préventive des équipements et qui leur permette de diagnostiquer rapidement les problèmes éventuels. Ils peuvent également apprécier un accès facile à un support technique en cas de besoin.

- **Analyse des données :** Les exploitants peuvent bénéficier de fonctionnalités d'analyse intégrées à l'IHM, leur permettant de suivre les tendances de fréquentation, d'analyser les préférences des clients et de prendre des décisions stratégiques basées sur des données concrètes.

- **Flexibilité et évolutivité :** Les exploitants peuvent avoir besoin d'une IHM flexible et évolutive qui puisse s'adapter aux besoins changeants de leur entreprise, par exemple en ajoutant de nouveaux services ou en intégrant des technologies émergentes.

- Explorer les technologies émergentes et les tendances de l'IHM qui peuvent être intégrées pour améliorer l'expérience globale du lavage de voitures[3] :

- **Interfaces vocales et commandes gestuelles :** Les interfaces vocales permettent aux utilisateurs d'interagir avec le système de lavage en utilisant des commandes vocales simples, ce qui peut être particulièrement utile lorsque les mains des utilisateurs sont occupées ou mouillées. De même, les commandes gestuelles utilisent des mouvements physiques pour contrôler les fonctionnalités de l'IHM, offrant une alternative intuitive aux commandes tactiles.

- **Réalité augmentée (RA) :** La RA peut être utilisée pour fournir des instructions visuelles en temps réel aux utilisateurs pendant le processus de lavage. Par exemple, des animations en RA pourraient guider les utilisateurs à travers les étapes de lavage ou leur montrer comment utiliser efficacement les équipements de lavage.

- **Intelligence artificielle (IA) et apprentissage automatique :** L'IA et l'apprentissage automatique peuvent être utilisés pour personnaliser l'expérience de lavage en fonction des préférences individuelles des utilisateurs. Par exemple, le système pourrait apprendre les programmes de lavage préférés d'un utilisateur et les suggérer lors de futures visites.

- **Capteurs et IoT (Internet des objets) :** Les capteurs IoT peuvent être intégrés aux équipements de lavage pour surveiller en temps réel leur état de fonctionnement et détecter les éventuels problèmes de manière proactive. Ces données peuvent être affichées sur l'IHM pour que les exploitants puissent prendre des mesures correctives rapidement.

- **Paiement mobile et sans contact :** Les technologies de paiement mobile et sans contact permettent aux utilisateurs de payer pour leurs services de lavage de manière pratique et sécurisée en utilisant leur smartphone ou leur carte de crédit sans avoir à insérer de pièces ou à composer un code PIN.

- **Interfaces utilisateur adaptatives :** Les interfaces utilisateur adaptatives utilisent des données sur les préférences et les comportements des utilisateurs pour personnaliser l'expérience de l'IHM en temps réel. Par exemple, l'IHM pourrait ajuster la disposition des boutons et des options en fonction des habitudes de navigation de l'utilisateur.

- **Chatbots et assistance virtuelle :** Les chatbots et les assistants virtuels peuvent être intégrés à l'IHM pour fournir une assistance en temps réel aux utilisateurs, répondre à leurs questions fréquentes et les guider à travers le processus de lavage.

- Identifier les meilleures pratiques en matière de conception d'IHM pour les services de lavage de voitures, basées sur des études de cas et des exemples de l'industrie[4].

- **Simplicité et convivialité :** Les interfaces doivent être simples et intuitives, avec des instructions claires et des options de navigation évidentes. Par exemple, le système de lavage de voitures Autobase en Chine utilise une interface conviviale avec des icônes facilement reconnaissables pour chaque option de lavage.

- **Visualisation des étapes de lavage :** Il est utile de fournir aux utilisateurs une visualisation claire des étapes de lavage à venir. Par exemple, le système de lavage de voitures WashTec propose une interface qui affiche graphiquement chaque étape du processus de lavage, permettant aux utilisateurs de suivre facilement le progrès.

- **Personnalisation des options :** Offrir aux utilisateurs la possibilité de personnaliser leur expérience de lavage peut améliorer la satisfaction client. Par exemple, le système de lavage de voitures Tommy's Express aux États-Unis permet aux utilisateurs de choisir parmi une gamme d'options de lavage et de services supplémentaires.

- **Réactivité et rapidité :** Les interfaces doivent être réactives et fournir des résultats instantanés pour minimiser les temps d'attente. Par exemple, le système de lavage de voitures Washtec utilise des écrans tactiles haute performance qui répondent rapidement aux entrées des utilisateurs.

- **Communication claire des prix :** Les prix des différents programmes de lavage et des services supplémentaires doivent être clairement affichés pour éviter toute confusion. Par exemple, le système de lavage de voitures IMO Car Wash au Royaume-Uni utilise des écrans tactiles qui affichent clairement les options de lavage et les prix associés.

- **Maintenance proactive :** Les interfaces peuvent inclure des fonctionnalités de surveillance des équipements de lavage pour détecter les problèmes potentiels avant qu'ils ne deviennent des problèmes majeurs. Par exemple, le système de lavage de voitures

WashTec utilise des capteurs IoT pour surveiller l'état des équipements et prévenir les pannes.

- **Support client intégré :** Intégrer des fonctionnalités d'assistance client dans l'IHM peut aider les utilisateurs à résoudre rapidement les problèmes et à obtenir de l'aide en cas de besoin. Par exemple, le système de lavage de voitures Mister Car Wash aux États-Unis propose une assistance clientèle via son interface d'IHM.

- Proposer des recommandations pratiques pour la conception et l'implémentation d'une IHM efficace dans le contexte des services de lavage de voitures[5].

- **Connaître votre public cible :** Avant de concevoir l'IHM, comprenez les besoins, les préférences et les comportements de vos utilisateurs. Effectuez des recherches pour identifier les attentes des clients et les défis qu'ils rencontrent lors du processus de lavage de voitures.

- **Simplicité et convivialité :** Priorisez la simplicité et l'intuitivité dans la conception de l'IHM. Utilisez des icônes et des symboles facilement reconnaissables pour représenter les différentes options de lavage, et assurez-vous que le processus de commande est clair et linéaire.

- **Visualisation des étapes de lavage :** Offrez aux utilisateurs une visualisation claire et étape par étape du processus de lavage. Utilisez des graphiques ou des animations pour montrer les étapes à venir et permettre aux utilisateurs de suivre facilement le progrès.

- **Options de personnalisation :** Donnez aux utilisateurs la possibilité de personnaliser leur expérience de lavage en proposant différents programmes de lavage et des services supplémentaires. Intégrez des options de personnalisation facilement accessibles et bien expliquées dans l'IHM.

- **Communication claire des prix :** Affichez clairement les prix des différents programmes de lavage et des services supplémentaires. Assurez-vous que les prix sont visibles dès le

début du processus de commande et qu'ils sont présentés de manière compréhensible pour éviter toute confusion.

- **Réactivité et rapidité :** Utilisez des technologies qui garantissent une réactivité et une rapidité optimales de l'IHM. Choisissez des écrans tactiles haute performance et des systèmes informatiques robustes qui peuvent traiter rapidement les entrées des utilisateurs et fournir des résultats instantanés.

- **Maintenance proactive :** Intégrez des fonctionnalités de surveillance des équipements de lavage pour détecter les problèmes potentiels avant qu'ils ne deviennent des problèmes majeurs. Utilisez des capteurs IoT pour surveiller l'état des équipements en temps réel et prévenir les pannes.

- **Assistance client intégrée :** Intégrez des fonctionnalités d'assistance client dans l'IHM pour aider les utilisateurs à résoudre rapidement les problèmes et à obtenir de l'aide en cas de besoin. Proposez un support clientèle via chatbots, numéros de téléphone ou autres moyens de contact facilement accessibles depuis l'IHM.

- **Test et itération :** Testez l'IHM avec des utilisateurs réels pour identifier les éventuels problèmes d'utilisabilité et recueillir des commentaires. Utilisez ces informations pour itérer et améliorer continuellement l'IHM afin de répondre aux besoins changeants des utilisateurs.

- Évaluer l'impact de la conception de l'IHM sur l'expérience utilisateur, la satisfaction client et l'efficacité opérationnelle des stations de lavage[6] :

- **Expérience utilisateur :** Une IHM bien conçue peut considérablement améliorer l'expérience utilisateur dans une station de lavage. Une interface conviviale, intuitive et réactive facilite la navigation à travers les différentes options de lavage, réduit les temps d'attente et minimise les frictions lors du processus de commande. Une expérience utilisateur positive peut augmenter la fidélité des clients et favoriser le bouche-à-oreille positif, attirant ainsi de nouveaux clients vers la station de lavage.

- **Satisfaction client :** Une IHM efficace contribue à une satisfaction client accrue. Les clients apprécient une interface claire et compréhensible qui leur permet de sélectionner facilement le programme de lavage souhaité, de visualiser les options disponibles et de comprendre clairement les prix. Une communication transparente, une personnalisation des options et une assistance client intégrée peuvent également renforcer la satisfaction client en répondant aux besoins et aux attentes des clients de manière proactive.

- **Efficacité opérationnelle :** Une conception d'IHM bien pensée peut également améliorer l'efficacité opérationnelle d'une station de lavage. Par exemple, une IHM dotée de fonctionnalités de maintenance proactive peut contribuer à réduire les temps d'arrêt des équipements en identifiant et en corrigeant rapidement les problèmes potentiels. De plus, une IHM qui facilite la gestion des stocks, la surveillance des performances et l'analyse des données peut aider les exploitants de stations de lavage à optimiser leurs opérations et à prendre des décisions plus éclairées pour améliorer l'efficacité globale de leur entreprise.

- Examiner les défis spécifiques associés à l'intégration de l'IHM avec d'autres systèmes et équipements utilisés dans les stations de lavage de voitures[7]:

- **Compatibilité des systèmes :** Les stations de lavage utilisent souvent une variété d'équipements provenant de différents fournisseurs, ce qui peut rendre difficile l'interopérabilité entre l'IHM et ces systèmes. Assurer la compatibilité des interfaces de communication et des protocoles de données est crucial pour permettre une intégration fluide.

- **Complexité des interfaces :** Certains équipements de lavage de voitures peuvent être dotés de leurs propres interfaces utilisateur ou systèmes de contrôle, ce qui peut rendre complexe l'intégration avec l'IHM. Harmoniser les différentes interfaces pour offrir une expérience utilisateur cohérente et intuitive peut représenter un défi.

- **Gestion des données :** L'intégration de l'IHM avec d'autres systèmes implique souvent l'échange de données en temps réel, telles que les informations sur les programmes de lavage, les transactions financières et les données de maintenance. Assurer la sécurité et

la confidentialité des données tout en garantissant leur intégrité et leur disponibilité constitue un défi important.

- **Maintenance et support :** L'intégration de l'IHM avec d'autres systèmes nécessite une maintenance régulière et un support technique pour assurer un fonctionnement fiable et continu. Coordonner les mises à jour logicielles et matérielles, ainsi que la résolution des problèmes de compatibilité, peut être complexe et nécessiter une collaboration étroite entre les fournisseurs de technologie.

- **Formation du personnel :** L'introduction de nouveaux systèmes intégrés peut nécessiter une formation supplémentaire pour le personnel chargé de l'exploitation et de la maintenance des équipements de lavage. Assurer une transition en douceur et une adoption réussie de l'IHM intégrée nécessite un investissement dans la formation et le support du personnel.

- **Coût et complexité :** L'intégration de l'IHM avec d'autres systèmes peut être coûteuse et complexe, surtout si les systèmes existants sont obsolètes ou peu compatibles. Évaluer soigneusement les coûts et les bénéfices potentiels de l'intégration et planifier efficacement la mise en œuvre peuvent aider à minimiser les obstacles financiers et opérationnels.

- Contribuer à l'avancement des connaissances dans le domaine de la conception d'IHM pour les services de lavage de voitures en proposant des solutions innovantes et efficaces[8] .

- **Interface basée sur l'IA pour la personnalisation :** Développer une interface basée sur l'intelligence artificielle (IA) qui apprend les préférences individuelles des utilisateurs au fil du temps. Cette interface pourrait recommander des programmes de lavage personnalisés, des options de séchage et d'autres services en fonction de l'historique de lavage de chaque utilisateur.

- **Utilisation de la réalité augmentée pour les instructions :** Intégrer des fonctionnalités de réalité augmentée (RA) dans l'IHM pour fournir des instructions visuelles en temps réel aux utilisateurs pendant le processus de lavage. Les utilisateurs pourraient visualiser

des guides virtuels sur la façon d'utiliser efficacement les équipements de lavage et les produits disponibles.

- **Système de paiement intégré sans contact :** Développer un système de paiement intégré sans contact qui utilise la technologie NFC (Near Field Communication) ou d'autres méthodes de paiement sans contact pour rendre le processus de paiement plus rapide, plus sûr et plus pratique pour les clients.

- **Plateforme d'analyse des données pour l'optimisation des opérations :** Créer une plateforme d'analyse des données qui recueille et analyse les données provenant de l'IHM et d'autres systèmes de la station de lavage. Cette plateforme pourrait fournir des informations précieuses sur les tendances de fréquentation, les performances des équipements, les préférences des clients et d'autres aspects opérationnels pour aider les exploitants à optimiser leurs opérations.

- **Interface utilisateur adaptative :** Concevoir une interface utilisateur adaptative qui s'ajuste automatiquement en fonction des préférences et des besoins des utilisateurs. Cette interface pourrait modifier la disposition des éléments de l'IHM, les options de menu et les paramètres en fonction des habitudes de navigation et des préférences des utilisateurs.

- **Utilisation de capteurs IoT pour la maintenance prédictive :** Intégrer des capteurs Internet des objets (IoT) aux équipements de lavage pour surveiller en temps réel leur état de fonctionnement. Les données recueillies pourraient être utilisées pour détecter les problèmes potentiels avant qu'ils ne surviennent et planifier la maintenance de manière proactive, réduisant ainsi les temps d'arrêt non planifiés.

- Élaborer des recommandations pour la formation du personnel sur l'utilisation de l'IHM et pour assurer une adoption réussie de la nouvelle technologie.

- **Formation initiale approfondie :** Offrez une formation complète et approfondie sur l'utilisation de l'IHM dès le déploiement de la nouvelle technologie . Cette formation devrait couvrir tous les aspects de l'IHM, y compris la navigation à travers les menus, l'utilisation des fonctionnalités principales, la gestion des transactions et l'interaction avec les clients.

- **Formation pratique sur site :** Organisez des sessions de formation pratique sur site où les employés peuvent utiliser l'IHM dans des conditions réelles. Encouragez-les à pratiquer l'utilisation de l'IHM pour effectuer des transactions, sélectionner des programmes de lavage et résoudre les problèmes courants sous la supervision d'un formateur expérimenté.

- **Manuels et supports de formation :** Fournissez des manuels d'utilisation détaillés et des guides de référence pour l'IHM, ainsi que des supports de formation visuels tels que des vidéos de démonstration et des tutoriels. Ces ressources peuvent servir de références rapides pour les employés lorsqu'ils rencontrent des difficultés ou ont besoin d'un rappel sur le fonctionnement de l'IHM.

- **Formation continue :** Organisez des sessions de formation continue pour permettre aux employés de se familiariser avec les mises à jour logicielles et les nouvelles fonctionnalités de l'IHM. Assurez-vous que le personnel est informé des dernières améliorations apportées à l'IHM et qu'il est en mesure de les utiliser de manière efficace dans leur travail quotidien.

- **Feedback et résolution des problèmes :** Encouragez les employés à fournir des retours d'expérience sur l'utilisation de l'IHM et à signaler tout problème ou suggestion d'amélioration. Mettez en place un processus de gestion des problèmes efficace pour résoudre rapidement les problèmes signalés et garantir une expérience utilisateur optimale.

- **Renforcement positif :** Reconnaître et récompenser les employés qui utilisent efficacement l'IHM et qui contribuent à son adoption réussie. Mettez en avant les réussites et les bonnes pratiques lors de réunions d'équipe et offrez des incitations pour encourager une utilisation proactive de l'IHM.

- **Support et assistance continue :** Assurez-vous que les employés ont accès à un support technique et à une assistance en cas de besoin. Mettez en place un système de support où les employés peuvent poser des questions, signaler des problèmes et obtenir de l'aide rapidement et efficacement.

Fournir des directives pour la gestion des retours clients et pour l'utilisation des données recueillies à travers l'IHM pour améliorer continuellement les services de lavage de voitures.

I.4.3.Contexte du Lavage de Voitures:

Cette section fournira un aperçu détaillé de l'industrie du lavage de voitures, mettant en lumière son évolution récente, les tendances du marché et les facteurs qui influent sur la demande de services de lavage. Nous examinerons également les défis opérationnels auxquels sont confrontées les stations de lavage de voitures et la manière dont une IHM efficace peut contribuer à les relever.

I.4.4.Méthodes de Conception d'IHM:

Dans cette partie, nous explorerons différentes méthodes et approches de conception d'IHM, en mettant l'accent sur leur applicabilité dans le contexte spécifique du lavage de voitures. Nous examinerons des méthodologies telles que la conception centrée sur l'utilisateur, le prototypage rapide et les tests utilisateurs, en identifiant leurs avantages et leurs limitations.

I.4.3.Études de Cas et Analyses Comparatives:

Cette section présentera plusieurs études de cas de stations de lavage de voitures qui ont mis en œuvre des IHM innovantes. Nous analyserons les points forts et les faiblesses de chaque cas, en mettant en évidence les meilleures pratiques et les leçons apprises.

I.4.5.Technologies Emergent et Tendances:

Nous explorerons les technologies émergentes telles que l'Internet des Objets (IdO), l'intelligence artificielle (IA) et la réalité augmentée (RA), et leur impact potentiel sur la

conception d'IHM pour les services de lavage de voitures. Nous discuterons des opportunités qu'elles offrent ainsi que des défis qu'elles soulèvent.

I.4.6.Besoins et Attentes des Utilisateurs:

Dans cette partie, nous examinerons les besoins et les attentes des utilisateurs en matière de lavage de voitures, en utilisant des techniques telles que les enquêtes, les entretiens et l'observation sur le terrain. Nous mettrons en évidence les aspects clés à prendre en compte lors de la conception d'une IHM centrée sur l'utilisateur.

1.4.7. Synthèse et Perspectives:

Enfin, nous résumerons les principaux points abordés dans ce chapitre et nous discuterons des perspectives futures pour la recherche sur la conception d'IHM pour les services de lavage de voitures. Nous identifierons également les domaines qui méritent une attention particulière dans les chapitres suivants de notre mémoire.

Conclusion

En conclusion, la conception d'une Interface Homme-Machine (IHM) pour les services de lavage de voitures représente un défi mais aussi une opportunité importante pour améliorer l'expérience utilisateur, optimiser les opérations commerciales et intégrer des technologies émergentes telles que l'Internet des objets (IdO), l'intelligence artificielle (IA) et la réalité augmentée (RA). Ce chapitre a souligné l'importance de la simplicité, de la convivialité et de la personnalisation dans la conception d'IHM réussies, ainsi que la nécessité d'intégrer ces systèmes de manière fluide tout en gérant efficacement les défis liés à la sécurité des données, à la maintenance et à la formation du personnel. En adoptant une approche centrée sur l'utilisateur et en suivant les meilleures pratiques de l'industrie, les opérateurs de stations de lavage peuvent non seulement répondre aux besoins actuels mais aussi se préparer de manière proactive pour l'avenir, assurant ainsi un impact positif sur la satisfaction client et l'efficacité opérationnelle.

Chapitre II :
Systèmes de lavage automobile

II.1. Introduction:

La station de lavage, ou lave-auto, permet de procéder au nettoyage de son automobile. Elle peut être indépendante ou intégrée à une station-service. On trouve donc souvent des stations de lavage au niveau des stations-services, des centres commerciaux, ou tout simplement en ville.

La plupart des stations de lavage sont automatiques ou semi-automatiques. En ce qui concerne lavage automatique de voiture, la station de lavage possède un portique pour un nettoyage de son véhicule aux rouleaux. Pour le lavage semi-automatique de voiture par contre, le choix revient au consommateur en matière de matériels nécessaires au nettoyage manuel.

Dans certains cas, une station de lavage peut aussi proposer des services complémentaires, comme la pression des pneus. Cet équipement est peu fréquent en station de lavage, sauf quand elle est intégrée à une station-service, mais il permet de régler la pression des pneumatiques de votre véhicule afin qu'elle soit équilibrée.

Bon à savoir : des pneus sous-gonflés ou surgonflés vont altérer significativement votre sécurité et l'adhérence du véhicule à la route lors de vos déplacements. [50]

II.2. Systèmes automatisé et automatisme:

Un système automatisé se compose d'éléments interagissant entre eux et organisés dans un but spécifique. Il agit sur une matière première pour lui conférer une valeur ajoutée [15] .

Ce système est soumis à diverses contraintes, telles que des contraintes énergétiques, de configuration, de réglage et d'exploitation, qui influent sur ses modes de fonctionnement et d'arrêt. Dans le domaine de l'automatisation, son importance est indéniable. Aujourd'hui, concevoir un système de production sans recourir aux différentes technologies et composants qui composent les systèmes automatisés serait ardu. Cependant, il est essentiel de noter que malgré les avantages qu'ils offrent, les moyens de production peuvent engendrer certains inconvénients qu'il ne faut pas négliger.

II.3. Les objectifs de l'automatisation:

- ✓ L'automatisation engendre une accélération significative des processus, garanbtissant une régularité accrue dans les résultats obtenus tout en épargnant à l'homme les tâches pénibles et répétitives.
- ✓ Fonctionnant de manière relativement autonome dans l'exécution de leurs tâches.
- ✓ Établissant un contrôle des performances grâce à la mise en place d'une chaîne de rétroaction.
- ✓ Garantissant une production constante en termes de qualité.
- ✓ Répondant aux besoins en quantités requises.
- ✓ Accroissant la productivité de manière significative.
- ✓ Contribuant à l'amélioration des conditions de travail.

II.4. Structure de système automatisé :

La schématisation d'un système automatisé est présentée dans la figure II.1, avec une composition comprenant la partie opérative, la partie commande, entre autres [16] .



Figure II.1: un système automatisé

II.5. Partie opérative (machine): La composante opérative représente le volet physique destiné à l'automatisation. Elle s'occupe de manipuler la matière première ainsi que les produits entrants en vue de leur transformation. Typiquement, elle englobe trois catégories d'éléments : les capteurs, les actionneurs, et les pré-actionneurs.[17]

II.5.1. Les Capteures:

Un capteur se définit comme un dispositif de collecte d'informations qui transforme, à partir d'une grandeur physique donnée[18], une autre grandeur physique de nature distincte, généralement sous forme électrique. Ces dispositifs captent des données relatives à des positions physiques, des pressions, des températures, des forces, des vitesses, et bien d'autres. Les informations ainsi recueillies par la composante opérative permettent de prendre des décisions et d'ajuster le fonctionnement du système automatisé. L'information collectée par la composante opérative est relayée vers la partie commande par le biais d'une interface d'entrée dédiée. La classification des capteurs peut se faire en deux catégories, selon la nature de l'information délivrée en sortie[3].Les capteurs analogiques (illustrés dans la Figure I.3) génèrent une information électrique à intensité variable en courant (4-20 mA) ou en tension (0-10 V)[20]. Cette donnée est convertie en valeur numérique et enregistrée dans un registre de l'automate afin d'être ultérieurement traitée par la partie commande. La Figure I.2 offre une visualisation de cette acquisition analogique.



Figure II.2: les capteures analogique

II.5.2. Actionneurs:

Les actionneurs sont des dispositifs techniques qui transforment une énergie d'entrée,initialement inutilisable directement par les mécanismes agissant sur la matière première[22] , en une énergie de sortie exploitable pour effectuer une action spécifique. Le principe de fonctionnement d'un actionneur est illustré dans la figure I.3.



Figure II.3: Actionneur

II.5.2.1. Actionneurs pneumatiques :

Les actionneurs pneumatiques se déclinent en trois catégories distinctes :

- Vérins pneumatiques : ces actionneurs utilisent de l'énergie pneumatique pour générer un déplacement linéaire, limité à leur course. Ils sont classés en simple effet lorsqu'ils ne peuvent exercer un effort significatif que dans un seul sens (la tige se rappelle grâce à un ressort lorsque la chambre de travail est connectée à l'air libre) et double effet lorsqu'un rappel à la position initiale se produit par inversion de l'alimentation des chambres[23] .
- Ventouses : ces dispositifs de préhension agissent par dépression.
- Moteurs pneumatiques : ils produisent un mouvement de rotation continu grâce à un flux d'air comprimé, tels que les moteurs à palette[3].

La figure I.4 illustre un exemple d'actionneurs pneumatiques.



Figure II.4: Exemple D’un actionneur pneumatique

II.5.2.2. Actionneurs hydrauliques :

Les actionneurs hydrauliques, comme présenté dans la figure I.5, convertissent l'énergie hydraulique en un mouvement de rotation (moteur) ou de translation (vérin). Ces dispositifs sont employés pour générer des mouvements exigeant une force considérable.



Figure II.5: actionneurs hydrauliques

II.5.3. Pré-actionneurs électriques:

L'alimentation d'un moteur électrique nécessite un dispositif de commutation commandable électriquement par un courant basse tension, communément appelé contacteur (lorsqu'il est actionné manuellement, on le désigne comme commutateur)[24] . Un relais est composé d'une bobine alimentée par un circuit de commande, son noyau mobile provoque la commutation de contacts pouvant être intégrés dans un circuit de puissance. Un contacteur est un relais spécifique capable de commuter des puissances élevées grâce à un mécanisme de coupure

électrique. Actuellement, un boîtier unique regroupe un relais thermique, un contacteur, un disjoncteur, etc. Les variateurs de vitesse sont également classés parmi les pré-actionneurs électriques[25] .

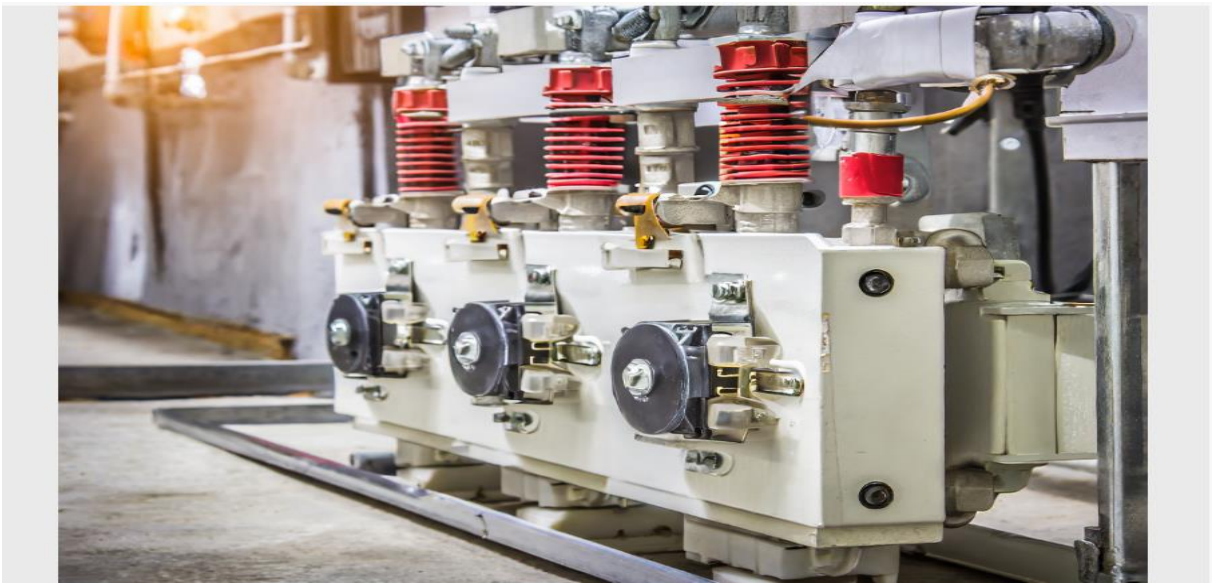


Figure II.6: pré-actionneurs électriques

II.6.Partie commande (automate) P.C

La partie commande joue un rôle essentiel en émettant les instructions de fonctionnement à la partie opérative. Ainsi, elle accompli plusieurs fonctions clés :

- Elle émet les instructions opérationnelles à la partie opérative, lesquelles sont ensuite transmises aux pré-actionneurs.
- Elle réceptionne les données envoyées par les capteurs, fournissant des informations sur l'état de la partie opérative.
- Elle prend en compte les consignes opérationnelles provenant du pupitre de commande. Elle émet des signaux de signalisation pour indiquer divers états du système.
- Elle s'engagedans le traitement des informations selon une logique définie (programme), en vue de formuler les instructions nécessaires.

II.7. La partie relation (PR):

La complexité de la partie relation dépend de l'ampleur du système. Elle englobe les diverses commandes nécessaires pour assurer le bon fonctionnement du procédé, telles que les modes marche/arrêt, l'arrêt d'urgence, la marche automatique, etc. Le Guide d'Études des Modes de Marches et d'Arrêts (GEMMA) sert d'outil de description. Les automaticiens et les techniciens

de maintenance utilisent des outils graphiques tels que le GRAFCET et le GEMMA pour modéliser et comprendre ces processus.

II.8. La partie dialogue:

La partie dialogue permet la visualisation des divers états du système à l'aide de voyants, de terminaux de dialogue ou d'interfaces homme-machine (IHM). Elle offre également à l'opérateur la possibilité de commander le système, que ce soit pour le démarrage, l'arrêt, ou le lancement d'un cycle[26].

II.9. Avantages et inconvénients d'un système automatisé:

II.9.1. Avantages :

- Accélération de la capacité de production.
- Adaptabilité à divers environnements de production.
- Souplesse d'utilisation.
- Création de postes d'automaticiens.
- Gain de temps.

II.9.2 Inconvénients :

- Coût élevé du matériel, en particulier avec les systèmes hydrauliques.
- Nécessité d'une maintenance structurée.
- Suppression d'emplois.

II.10. Lavage automobile:

Le lavage automobile, qu'il soit en libre-service, entièrement automatisé ou avec des agents effectuant le lavage, est une installation utilisée pour nettoyer l'extérieur et l'intérieur des véhicules.

II.11. Évolution du monde du lavage:

L'entretien régulier d'un véhicule, y compris le lavage, est essentiel pour éviter l'accumulation de poussières et la détérioration de la peinture due à la pollution et aux intempéries.

L'évolution du lavage automobile a suivi le développement de l'industrie automobile et de l'automatisation. En 1963, le premier portique de lavage à haute pression a été introduit. Une décennie plus tard, le premier portique de lavage et de séchage automatique avec des brosses a été inventé. En 1988, le portique automatique a été connecté à un panneau de commande programmable. En 1991, le portique de lavage est devenu multiprogramme, et le développement de ces automatisations se poursuit[5].

Cependant, tous les types de lavage ont un impact environnemental, car l'eau sale peut contaminer les eaux de surface via les voies empruntées par les eaux de pluie[6].portique de lavage à haute pression.

II.12. Types de lavage:

II.12.1. Lavage Manuel:

Lorsque votre véhicule requiert un nettoyage en profondeur, le lavage manuel demeure inégalé pour garantir une propreté impeccable. Cependant, cette méthode est la plus chronophage, contraignante et implique une utilisation importante d'eau, gaspillant environ 400 litres à chaque lavage. Laver sa voiture à grande eau, que ce soit dans le jardin ou dans la rue, est néfaste pour l'environnement. Les résidus s'écoulent dans le réseau des eaux de ruissellement ,qui n'est pas toujours équipé pour traiter ces polluants, ou s'infiltrent dans le sol et les cours d'eau, risquant ainsi de contaminer les nappes phréatiques. Les outils tels que les brosses, le seau, les éponges, les chiffons, et les lève-vitres sont indispensables pour cette tâche, et il est également possible d'utiliser des accessoires tels qu'une brosse à dents pour atteindre les endroits les plus difficiles d'accès.



Figure II.7: le lavage manuel [12].

II.12.2. Lavage haute pression ou à vapeur:

Cette méthode consiste simplement à projeter de l'eau à haute pression sur votre voiture à l'aide d'un appareil de nettoyage. Elle est idéale pour des lavages rapides et permet notamment de nettoyer de manière précise les endroits difficiles d'accès. Le tableau 1 ci-dessous présente les étapes de ce type de lavage.

Cependant, malgré une consommation d'eau moindre (40 à 50 litres), certaines taches tenaces pourraient nécessiter une finition à l'éponge. Il est également recommandé de ne pas diriger le jet trop près de la carrosserie pour éviter d'éventuelles micro-rayures, surtout sur les véhicules fragiles ou très anciens. La Figure II.10 ci-dessous illustre ce type de lavage.



Figure II.8 : Lavage a haute pression ou à vapeur .

II.12.3. Lavage portique à brosses:

Dans ce type de lavage automatique, le véhicule entre dans l'espace dédié au lavage jusqu'à atteindre une position prédéterminée. À ce moment, il s'immobilise pour permettre au portique de se déplacer en effectuant des mouvements d'avant en arrière sur le véhicule, complétant ainsi le cycle de lavage. Ce dernier se déroule en trois étapes principales :

- Prélavage (utilisation d'eau à haute pression pour éliminer les salissures importantes).
- Application de mousse active.

- Brossage en douceur (avec deux brosses verticales et une horizontale) + brossage des roues.
- Application d'un produit lustrant hydrofuge avec brossage à basse pression.
- Séchage à l'air comprimé. Cependant, ce système est critiqué pour laisser des micro-rayures sur la carrosserie en raison des fibres synthétiques des brosses. Cette critique est plus ou moins valable en fonction du type de rouleaux utilisés, les modèles plus récents palliant en partie ce problème. ci dessous la Figure II.9 et II.10 illustre ce type de lavage portique .



Figure II.9 : lavage portique a brosse

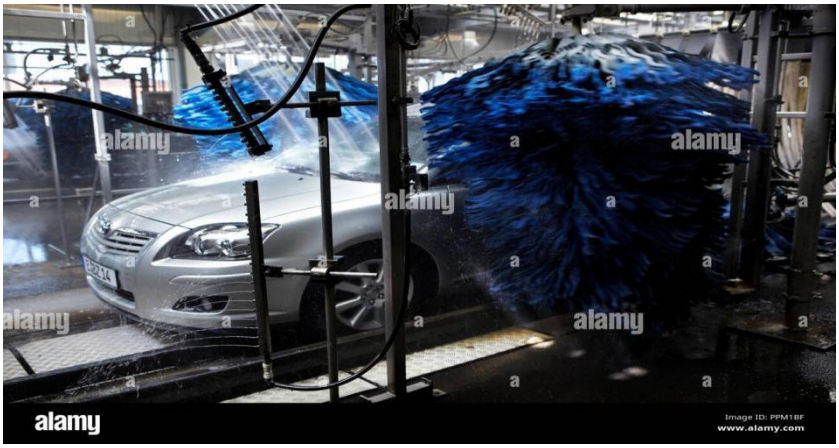


Figure II.10 : lavage portique a brosse

II.12.4.Lavage sans eau:

Le nettoyage de voiture sans eau repose sur l'utilisation de produits biodégradables, dépourvus de solvants, de vapeur, et de chiffons en microfibres. Composés de détergents, de lubrifiants, et de lustrants à base de composés polymères, ces produits offrent une action 3 en 1 : nettoyer, lustrer, et protéger le véhicule sans nécessiter l'usage de l'eau. Ces produits sont efficaces sur toutes les surfaces du véhicule, y compris les vitres, la carrosserie, les plastiques, les jantes, et les chromes. Il suffit de pulvériser le produit sur la surface à nettoyer, de le laisser agir quelques minutes, puis de frotter avec un chiffon en microfibres. Une deuxième étape consiste à utiliser un autre chiffon pour apporter la touche finale de brillance.[27]

Cette solution écologique permet d'obtenir un résultat soigné et minutieux, mais elle est plus coûteuse qu'un lavage traditionnel et nécessite un stock important de chiffons en microfibres .



Figure II.11: lavage sans eau

II.13.Aspects économiques et écologiques de la technologie moderne de lavage de voiture:

L'adoption des technologies modernes de lavage de voiture entraîne des coûts plus élevés en termes d'équipement et de maintenance. Les technologies sans contact et hybrides sont environ deux fois plus coûteuses que les méthodes de lavage traditionnelles. De plus, elles engendrent une consommation d'énergie plus élevée, nécessitant environ 200 à 300 litres d'eau par voiture à haute température (50-60 °C) et haute pression d'eau (70-100 bars), ce qui demande une alimentation électrique et une énergie thermique adéquates. Pour réduire les coûts d'exploitation, notamment les dépenses d'électricité, les opérateurs explorent l'utilisation de sources d'énergie solaire et éolienne. Bien que leur motivation soit principalement économique, le résultat est bénéfique non seulement pour eux, mais aussi pour leurs clients et l'environnement.

II.14.Les différents composants du système de lavage automatique:

II.14.1.Moteur électrique:

Un moteur à courant continu fait partie d'une catégorie de machines électriques qui convertit l'énergie électrique en courant continu en énergie mécanique. Dans le système de lavage automatique, le moteur électrique est associé à un mécanisme permettant la rotation des brosses. De plus, le moteur alimente un deuxième mécanisme de tapis roulant, facilitant le transfert du véhicule d'une station à une autre . Moteur a courant continue 12v .



Figure II.12 : RS-550 DC 12-24V 5800 RPM Micro Moteur Électrique pour Divers Perceuse Électrique sans Fil

II.14.2 Les capteurs photoélectriques:

Au sein du système de lavage automatique, des capteurs photoélectriques sont intégrés pour détecter la présence de véhicules dans chaque bloc. capteur photoélectrique.



Figure II.13 : Capteur photoélectrique Capteur photoélectrique à réflexion diffuse E3Z-D62 de Omron

II.14.3 Convoyeur (Tapis Roulant):

Une bande transporteuse, également appelée tapis roulant, est composée d'au moins deuxpoulies, dont au moins l'une est motorisée, et d'une boucle continue de matériau, la bandetransporteuse, qui circule entre ces poulies. Lorsqu'une ou les deux poulies sont mises enmouvement, elles font avancer la bande et le matériau qu'elle transporte. La poulie entraînée est appelée poulie d'entraînement, tandis que la poulie non motorisée est appelée poulie folle.

Il existe deux principales catégories de convoyeurs à bande dans l'industrie : ceux destinés à la manutention générale de matériaux, tels que le déplacement de caisses à l'intérieur d'uneusine, et ceux conçus pour la manutention de matériaux en vrac, transportant des matières industrielles et agricoles telles que le grain, le charbon, les minerais, les fines et les morceaux.

De nos jours, divers types de bandes transporteuses ont été développés pour le transport de matériaux variés, fabriqués en PVC et en caoutchouc. La ceinture est constituée d'une ou plusieurs couches de matériau, généralement du caoutchouc. Les courroies de manutention générale des matériaux comprennent souvent deux couches : une sous-couche appelée carcasse, offrant résistance et structure linéaire, et une sur-couche appelée couverture. La carcasse est généralement un tissu tissé, avec des matériaux courants tels que le polyester, le nylon et le coton. La couverture est composée de divers composés de caoutchouc ou de plastique, choisis en fonction de l'application spécifique de la ceinture. Dans ce projet, la bande transporteuse est utilisée pour déplacer le véhicule à différentesétapes du processus de lavage.

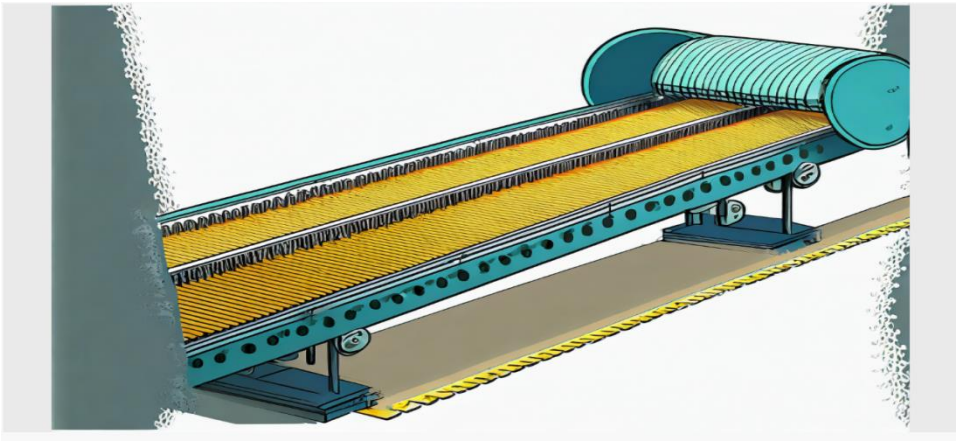


Figure II.14: représente le convoyeur (tapis roulant). Exemple d'une bande transporteuse (tapis roulant).

La bande transporteuse, en tant que convoyeur motorisé le plus couramment utilisé, se distingue par sa polyvalence et son coût plus abordable. Elle permet le transport direct des produits sur la bande, ce qui rend possible le déplacement réussi d'objets de formes variées, qu'ils soient grands ou petits, légers ou lourds, réguliers ou irréguliers. Ces convoyeurs nécessitent l'utilisation de produits de courroie de qualité supérieure, minimisant ainsi l'étirement de la courroie et réduisant les besoins d'entretien pour le réglage de la tension. Les convoyeurs à bande peuvent être employés pour le déplacement de produits en ligne droite ou lors de changements d'élévation ou de direction. Il s'agit d'une machine mécanique composée d'une courroie mobile en continu qui assure le transport de matériaux d'un endroit à un autre.

II.14.4. Les dispositifs de diffusion:

Au sein du système de lavage, plusieurs dispositifs de diffusion sont intégrés, comprenant des pompes et des électrovannes. Ces composants sont responsables de l'arrosage du véhicule avec de l'eau ou de l'eau savonneuse.illustre un example de pompe à eau.[29]



Figure II.15: AR Blue Clean AR383 Nettoyeur haute pression électrique 1900 psi, 1,7 GPM, accessoires de connexion à baïonnette 11 A, rangement à bord, nettoyeur haute pression portable, haute pression, lave-auto

II.14.5 Séchoir :

Le séchoir, également désigné comme la phase de séchage, constitue le dernier élément de la station de lavage. Il est équipé de ventilateurs dont la fonction est de sécher le véhicule à la conclusion de l'opération de lavage. La Figure ci-dessous illustre un de ces ventilateurs.



Figure II.16 : Matériel de séchage

II.15. Conclusion :

En synthèse, l'évolution des systèmes automatisés dans le secteur du lavage automobile représente une avancée majeure, permettant une gestion efficace des processus tout en répondant aux besoins croissants en matière de performance, de qualité et de durabilité. Les stations de lavage modernes intègrent des technologies avancées telles que les capteurs, les actionneurs et les systèmes de commande automatisés, améliorant ainsi la productivité tout en réduisant la dépendance à l'intervention humaine directe. Cette automatisation offre des avantages notables tels qu'une augmentation de la capacité de production, une meilleure qualité de service, et une réduction des impacts environnementaux, bien que cela nécessite des investissements initiaux significatifs et une maintenance régulière. En continuant à innover et à adopter des pratiques durables, l'industrie du lavage automobile peut non seulement répondre aux exigences actuelles mais aussi anticiper les défis futurs tout en contribuant positivement à la sécurité routière et à la préservation de l'environnement.

Chapitre III :

Logiciel et matériel

III.1. Logiciels :

III.1. 1. Node-RED :

Node-RED a été développé par IBM en 2013 en réponse à la nécessité croissante de simplifier le développement d'applications IoT. Son interface visuelle intuitive permet de créer des flux de données et des automatisations complexes sans nécessiter de compétences de programmation avancées. Dans notre projet, Node-RED est le cœur de notre système, orchestrant les interactions entre les différents composants matériels et Logiciels. Par exemple, nous pouvons utiliser Node-RED pour créer un flux qui surveille les capteurs de proximité à l'entrée du tunnel de lavage et déclenche le processus de lavage lorsqu'un véhicule est détecté.[30]

Figure III.1 : logo de node-red

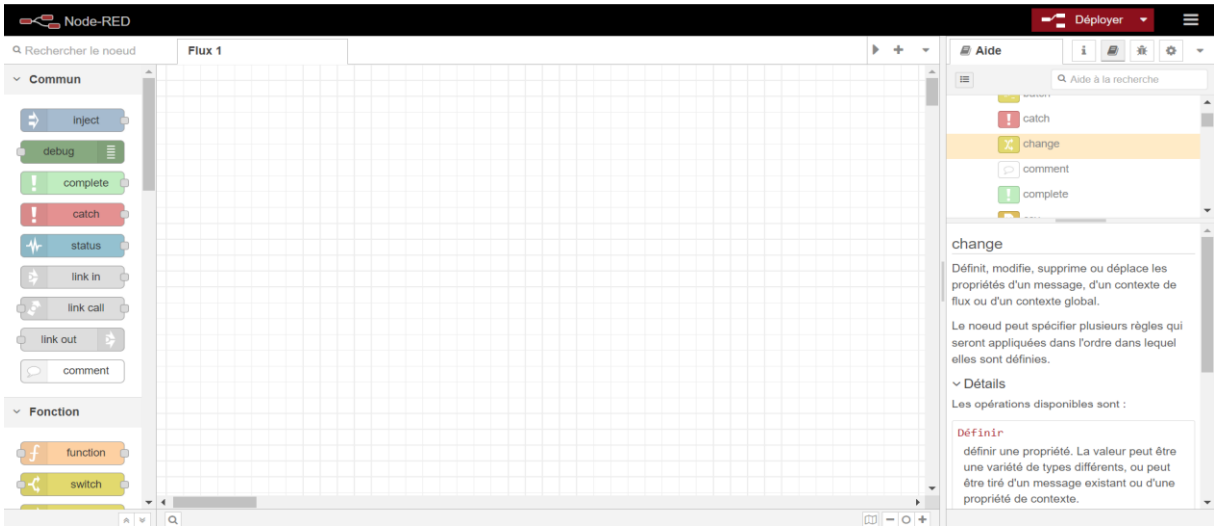


Figure III.2 : Interface de node-red

III.1.2. Description de Node-RED

Node-RED est une plateforme open-source de programmation visuelle conçue pour connecter des périphériques matériels, des API et des services en ligne de manière intuitive. Elle se distingue par son interface graphique conviviale qui permet aux utilisateurs de créer des applications IoT (Internet des Objets) en utilisant des nœuds (nodes) et en les reliant pour former des flux de données.

Node-RED est basé sur Node.js et utilise un navigateur web comme interface utilisateur. Il facilite la création de flux de travail (workflows) en drag-and-drop, où chaque nœud représente une fonction ou une opération spécifique. Ces nœuds peuvent interagir avec des capteurs, des actionneurs, des bases de données, des services cloud, et bien plus encore.[31]

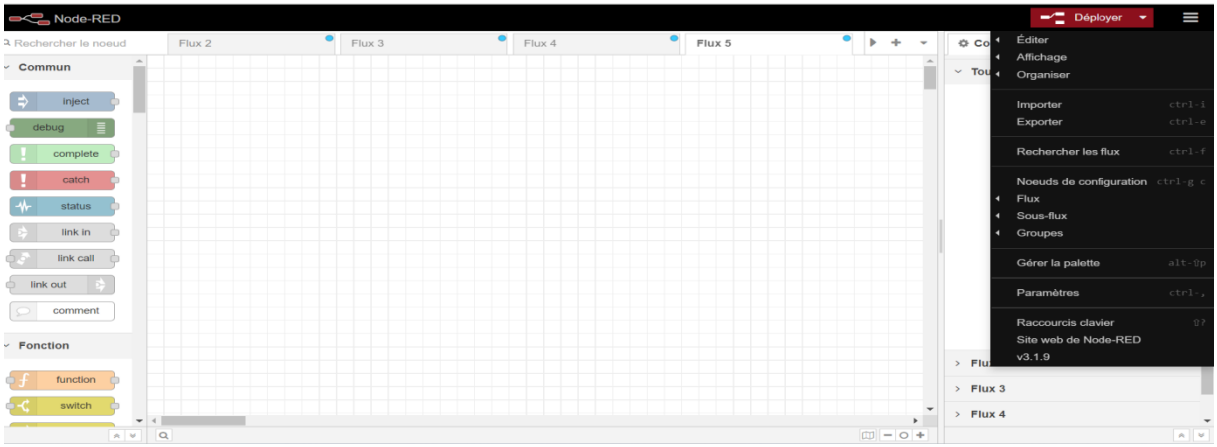


Figure III.3: flux Node-RED

❖ Flux de Données Visuels

Les flux de données visuels dans Node-RED permettent aux utilisateurs de créer des connexions entre différents nœuds de manière graphique. Voici quelques points clés [32]:

- **Interconnexion Intuitive :** Les utilisateurs peuvent simplement glisser-déposer des nœuds sur une toile de travail virtuelle et les connecter pour créer des flux de données.
- **Représentation Graphique :** Chaque nœud est représenté graphiquement, souvent par des icônes intuitives, facilitant la compréhension de la logique du flux de données.

- **Facilité de Gestion :** Les modifications et les ajustements peuvent être réalisés en temps réel en ajustant les connexions entre les nœuds, ce qui simplifie la gestion et la maintenance des applications.

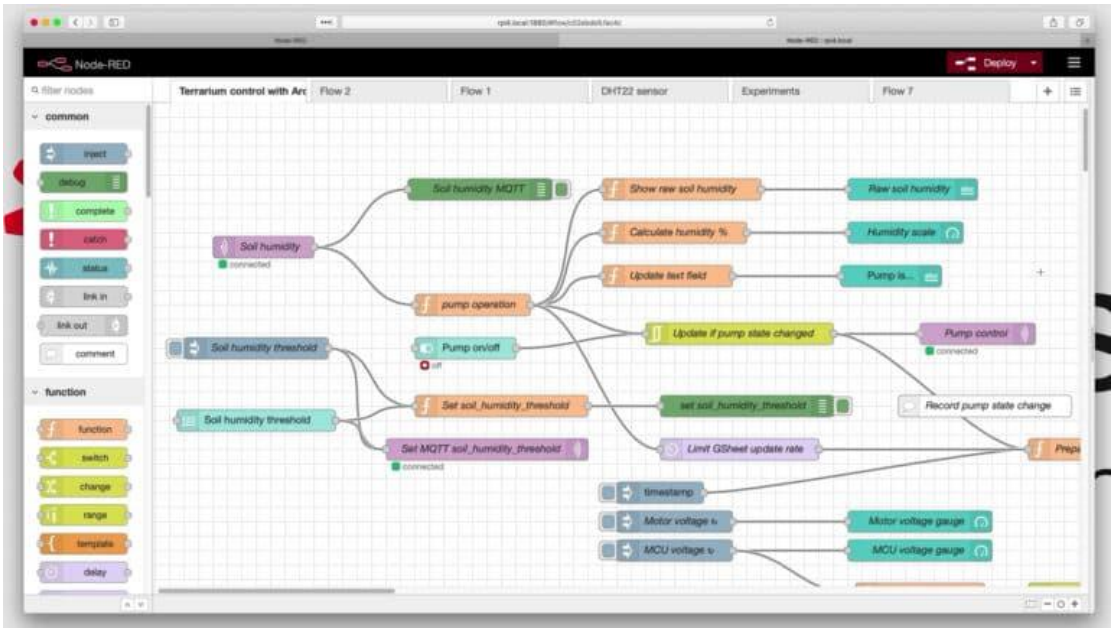


Figure III.4: Capture d ecran montrant comment les nœuds sont connectés et manipulés.

❖ Intégration avec des Périphériques

Node-RED offre une intégration étendue avec divers périphériques physiques et virtuels, ce qui en fait une plateforme polyvalente pour l'IoT :

- **Protocoles de Communication :** Supporte une gamme de protocoles standard tels que MQTT, HTTP, Modbus, et plus encore, permettant la communication avec une variété de périphériques[33].
- **Adaptabilité :** Peut être configuré pour interagir avec des capteurs, des actionneurs, des dispositifs de stockage de données, des services cloud, des applications web, et d'autres systèmes IoT.
- **API et Services :** Facilite l'intégration avec des API tierces et des services en ligne, enrichissant ainsi les fonctionnalités disponibles pour les applications Node-RED.

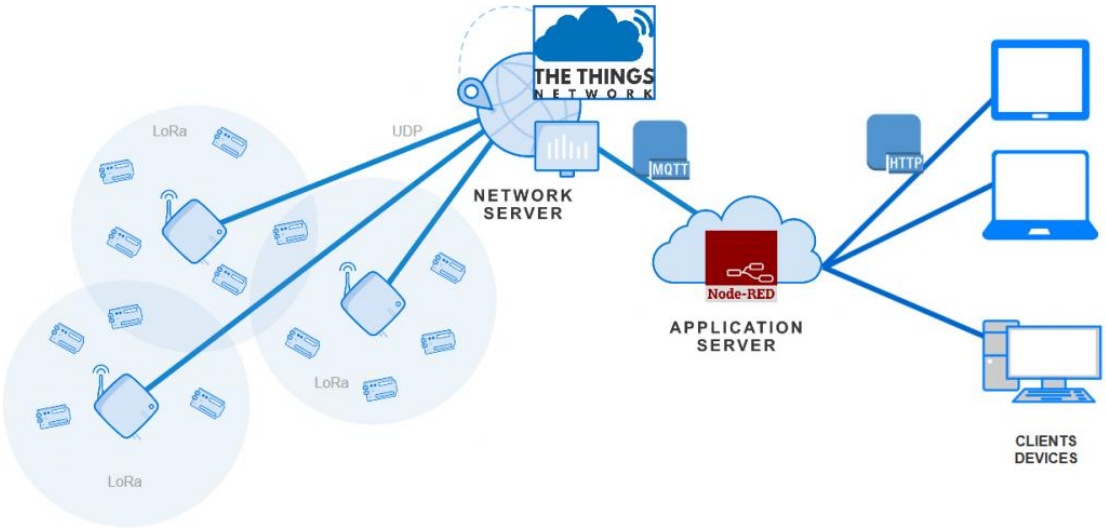


Figure III.5: Développement d'un objet connecté - Node-Red

❖ Extensibilité

Node-RED est conçu pour être extensible, offrant aux utilisateurs la possibilité d'ajouter des fonctionnalités personnalisées selon les besoins spécifiques de leurs projets[34] :

- **Modules et Nœuds Personnalisés :** Les utilisateurs peuvent développer et intégrer des modules (ou nœuds) personnalisés pour étendre les capacités de Node-RED.
- **Flexibilité dans les Flux de Données :** Permet l'implémentation de flux de données complexes en combinant des nœuds existants avec des nœuds personnalisés.
- **Communauté Active :** Bénéficie d'une communauté active qui partage des modules complémentaires et des contributions, enrichissant ainsi l'écosystème de Node-RED.

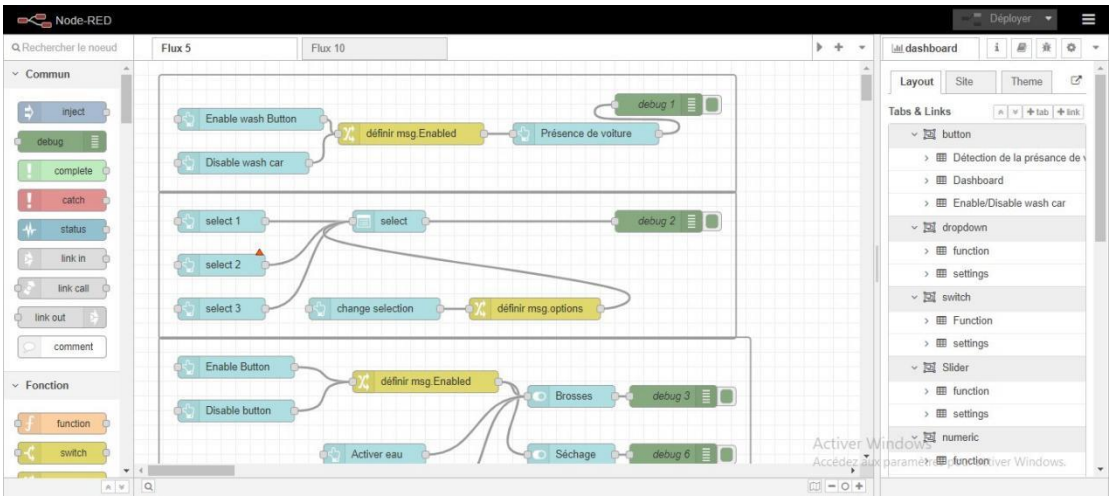


Figure III.6: exemple des Modules et Nœuds Personnalisés

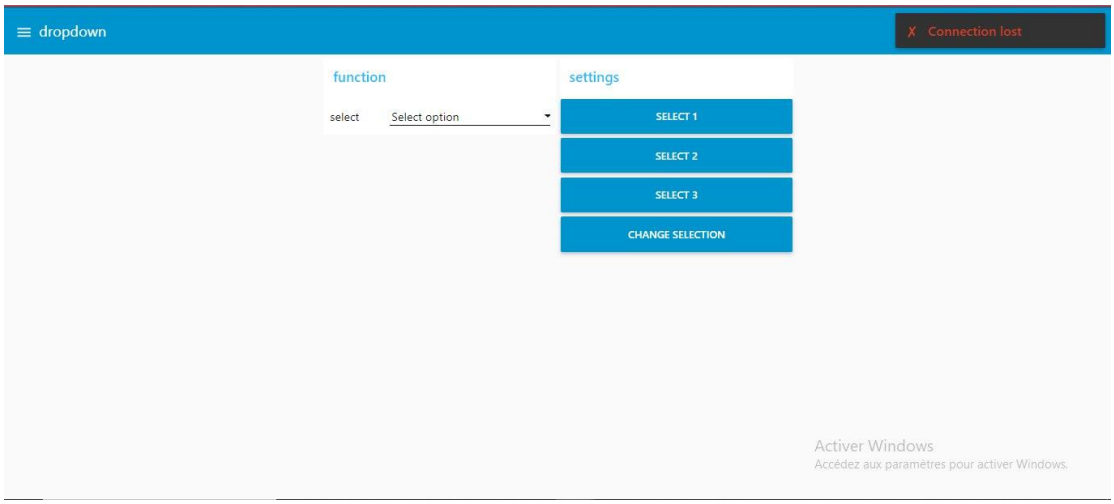
III.1.3. Rôle de l'Interface Homme-Machine (IHM)

L'Interface Homme-Machine (IHM) joue un rôle crucial dans l'interaction intuitive des utilisateurs avec le système. Dans le contexte du lavage de voitures automatisé, voici comment l'IHM facilite cette interaction

- **Affichage en Temps Réel de l'État du Système :**

L'IHM permet aux utilisateurs de visualiser en temps réel divers aspects du système de lavage de voitures. Cela inclut la disponibilité des stations de lavage, le statut actuel du processus de lavage en cours, tels que les étapes de lavage, de rinçage et de séchage. Ces informations en temps réel assurent une surveillance efficace et permettent aux utilisateurs de prendre des décisions informées.

- **Sélection du Type de Lavage :** Les utilisateurs peuvent facilement choisir le type de lavage souhaité à travers l'IHM. Par exemple, ils peuvent sélectionner entre un lavage standard, premium ou écologique en utilisant des interfaces conviviales telles que des boutons ou des menus déroulants.



III.7: Sélection du Type de Lavage

- **Contrôle des Paramètres du Lavage :** L'IHM offre des fonctionnalités pour ajuster les paramètres du processus de lavage selon les préférences ou les besoins spécifiques. Les utilisateurs peuvent régler des variables telles que la pression de l'eau, la durée des cycles de rinçage, et d'autres paramètres pertinents, garantissant ainsi un lavage personnalisé et efficace.

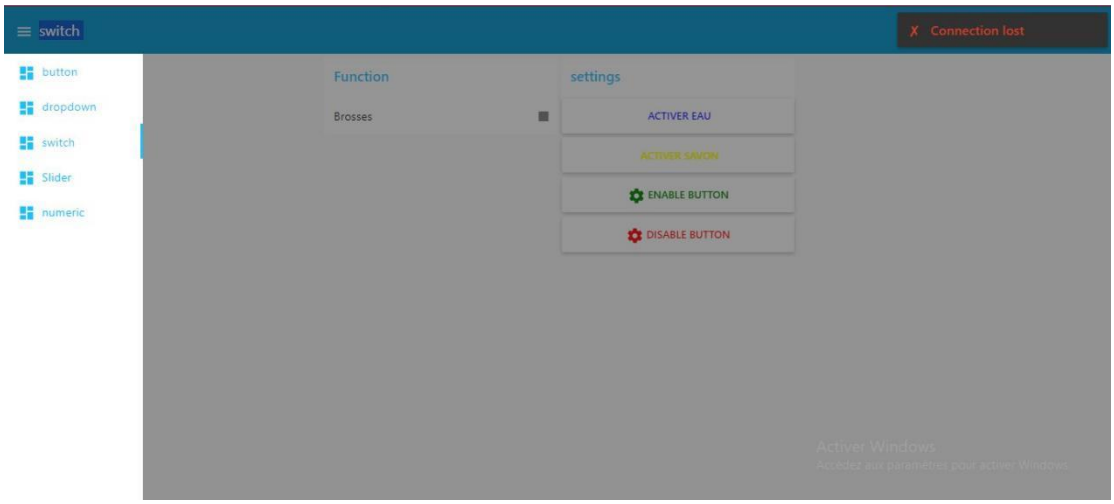


Figure III.8: Contrôle des Paramètres du Lavage

En intégrant une IHM robuste et conviviale dans le système de lavage de voitures automatisé, les opérateurs et les utilisateurs peuvent non seulement surveiller et contrôler les opérations en cours, mais aussi optimiser les performances globales du service de lavage.

III.1.4. Interaction entre Node-RED et l'IHM

III.1.4.1 Conception de l'IHM

L'Interface Homme-Machine (IHM) joue un rôle crucial dans l'interaction intuitive entre les utilisateurs et le système de lavage de voitures automatisé. Voici les aspects clés de la conception de l'IHM :

III.1.4.2.Outils et Processus de Conception

La conception de l'IHM utilise des outils spécialisés pour créer une interface conviviale et efficace. Parmi les outils couramment utilisés :

- **Outils de Conception Graphique :** Logiciels comme Adobe XD, Sketch, ou des outils spécifiques à l'IHM permettent de créer des maquettes visuelles de l'interface.
- **Frameworks d'Interface :** Utilisation de frameworks comme Bootstrap, Material Design, ou des bibliothèques spécifiques à l'IHM pour garantir une conception esthétique et ergonomique.
- **Prototypage Interactif :** Création de prototypes interactifs pour simuler le flux utilisateur et tester l'ergonomie avant la mise en œuvre.



Figure III.9: conception d'ihm interface design tools

❖ Éléments Interactifs Inclus

L'IHM inclut divers éléments interactifs pour permettre aux utilisateurs de contrôler et de surveiller le processus de lavage :

- **Indicateurs d'État en Temps Réel :** Affichage de l'état actuel du système, comme la disponibilité des stations de lavage et le progrès du lavage en cours.

- **Contrôles de Sélection :** Boutons, menus déroulants ou interrupteurs pour sélectionner le type de lavage (standard, premium, écologique) et démarrer le processus.

- **Contrôles de Paramètres :** Curseurs, boutons +/- pour ajuster des paramètres tels que la pression de l'eau, la durée des cycles de rinçage, et autres variables ajustables.

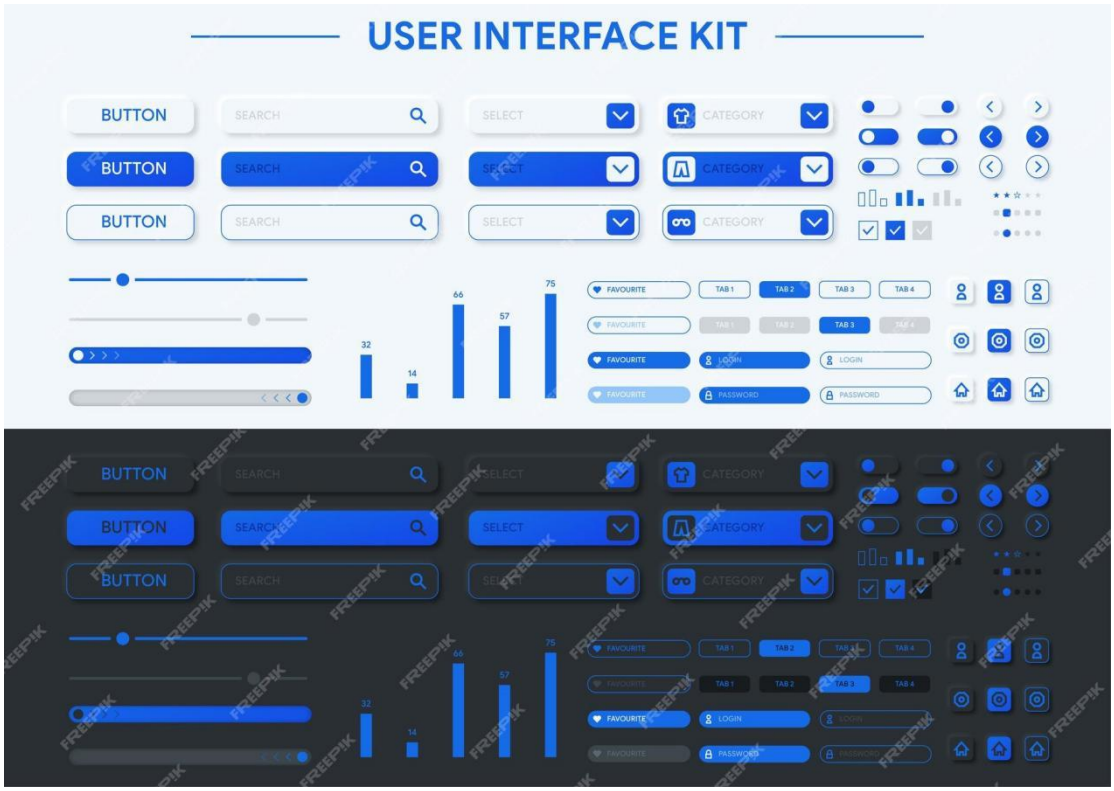


Figure III.10: UI Elements that Every Designer Must Know Studio by UXPin

III.1.4.3. Communication avec Node-RED

Pour assurer une interaction fluide entre l'IHM et Node-RED, plusieurs méthodes de communication sont utilisées :

❖ **Méthodes de Communication Supportées**

Node-RED supporte divers protocoles de communication pour échanger des données avec l'IHM :

- **API REST :** Utilisation d'API RESTful pour envoyer des commandes et recevoir des données de Node-RED.
- **MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) :** Protocole léger adapté aux scénarios IoT pour la transmission de données entre l'IHM et Node-RED.
- **WebSocket :** Utilisation de WebSockets pour une communication bidirectionnelle en temps réel entre l'IHM et Node-RED.
- **Autres Protocoles :** Intégration avec d'autres protocoles comme Modbus, OPC UA selon les besoins spécifiques du système de lavage.

III.2. Matériel :

III.2.1. Écrans tactiles :

Les écrans tactiles ont une longue histoire, remontant aux premiers prototypes dans les années 1960, mais leur adoption généralisée a eu lieu dans les années 2000 avec l'avènement des smartphones et des tablettes. Aujourd'hui, les écrans tactiles sont omniprésents, offrant une expérience intuitive et interactive dans de nombreuses applications. Dans notre projet, des écrans tactiles sont utilisés pour afficher l'IHM de la station de lavage de voitures et permettre aux utilisateurs d'interagir avec le système de manière intuitive. Par exemple, les clients peuvent sélectionner le type de lavage et effectuer le paiement en touchant l'écran tactile de la borne de commande.



Figure III.11: Borne tactile - Écran 42 pouces

III.2.2. Microcontrôleurs ou Mini-ordinateurs :

Les microcontrôleurs et les mini-ordinateurs ont parcouru un long chemin depuis leurs débuts dans les années 1970. Ils offrent aujourd'hui une puissance de calcul et des fonctionnalités de contrôle impressionnantes dans un format compact et économe en énergie. Dans notre projet, nous utilisons des microcontrôleurs comme Arduino ou des mini-ordinateurs comme Raspberry Pi pour contrôler les composants matériels du système de lavage de voitures. Par exemple, un microcontrôleur peut être utilisé pour surveiller les capteurs de proximité à l'entrée du tunnel de lavage et activer les actionneurs pour démarrer le processus de lavage.



Figure III.12: Raspberry Pi 4 Modèle B 8GB RAM Quad-core Processeur Dual-Band WiFi

III.2.3.Capteurs :

Les capteurs ont évolué pour offrir une précision et une fiabilité accrues dans la détection de différentes variables physiques. Dans notre projet, des capteurs de proximité, des capteurs de pression et des capteurs de débit sont utilisés pour surveiller différentes étapes du processus de lavage de voitures. Par exemple, des capteurs de proximité peuvent détecter la présence d'un véhicule à l'entrée du tunnel de lavage, des capteurs de pression peuvent surveiller le niveau d'eau dans les réservoirs, et des capteurs de débit peuvent mesurer la quantité d'eau utilisée pendant le lavage.

III.2.3.1.Capteur de pression d'eau : Utilisé pour surveiller la pression de l'eau dans les systèmes de lavage, afin de garantir un débit d'eau adéquat et une pression appropriée pour le nettoyage des véhicules. Cette information peut être affichée sur l'IHM pour que les opérateurs puissent ajuster les réglages si nécessaire.



Figure III.13 : Capteur de pression d'eau

III.2.3.2.Capteur de niveau d'eau : Utile pour surveiller le niveau d'eau dans les réservoirs de stockage, permettant ainsi de planifier les recharges en eau et d'éviter les pénuries. L'IHM peut afficher le niveau d'eau actuel et envoyer des alertes en cas de niveau bas.[30]

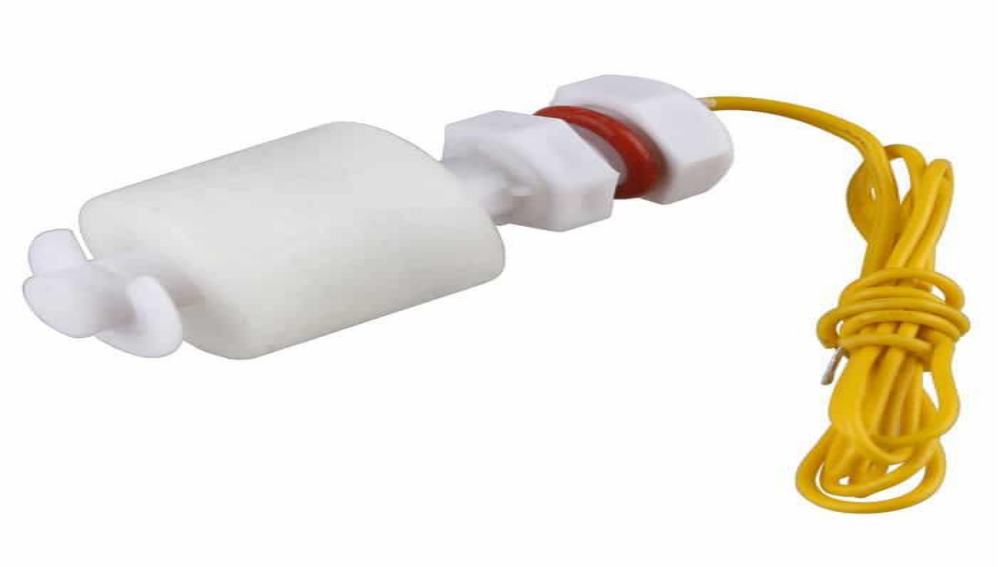


Figure III.14 : capteur niveau d’eau étanche Flotteur 45mm DC110V

III.2.3.3.Capteur de débit d'eau : Permet de mesurer la quantité d'eau utilisée pendant le processus de lavage. Cette information peut être utile pour le suivi de la consommation d'eau et éventuellement pour la tarification des services. L'IHM peut afficher les statistiques de consommation d'eau en temps réel.



Figure III.15: Capteur de débit d'eau à effet Hall YF-S201 1-30L/min

III.2.3.4.Capteur de température : Utilisé pour surveiller la température de l'eau dans les systèmes de lavage, notamment pour les préréglages de température pour différents types de lavage (par exemple, lavage à l'eau chaude ou froide). L'IHM peut afficher la température actuelle de l'eau et permettre aux opérateurs de régler les paramètres en conséquence.



Figure III.16: Capteur de température DS18B20 étanche

III.2.3.5.Capteur de présence de véhicule : Pour détecter l'arrivée et le départ des véhicules dans le système de lavage. Cela peut déclencher automatiquement le début du processus de lavage ou signaler à l'IHM qu'un nouveau véhicule est prêt à être traité.



Figure III.17: Capteur à ultrasons HC-SR04



Figure III.18: Les capteurs de détection de véhicules

III.2.3.6.Capteur de luminosité ambiante : Utile pour ajuster automatiquement l'éclairage dans les zones de lavage en fonction des conditions de luminosité extérieure. L'IHM peut afficher les niveaux de luminosité actuels et permettre aux opérateurs de régler les paramètres d'éclairage si nécessaire.

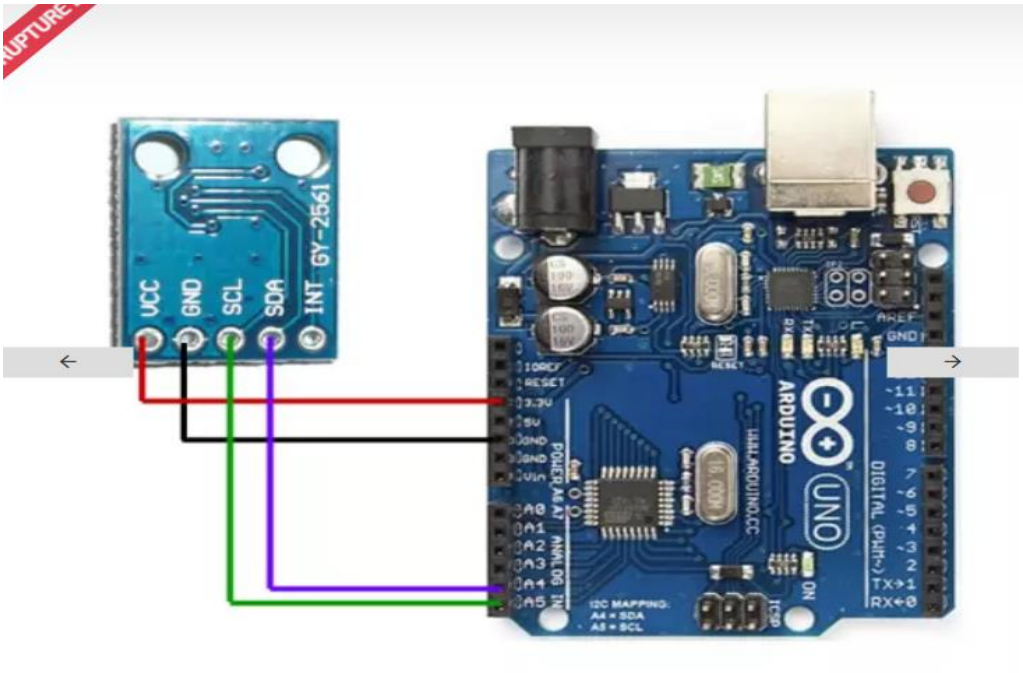


Figure III.19: CAPTEUR DE LUMIÈRE TSL2561

III.2.3.7.Capteur de qualité de l'air : Pour surveiller les niveaux de pollution ou d'humidité dans les zones de lavage. Cela peut contribuer à assurer des conditions de travail sûres pour le personnel et les clients. L'IHM peut afficher les données sur la qualité de l'air en temps réel.



Figure III.20: CAPTEUR DE QUALITÉ DE L'AIR SDS011

III.2.3.8.Capteur de proximité ou de détection de véhicules : Ces capteurs sont utilisés pour détecter la présence des véhicules à différents points du processus de lavage, tels que l'entrée du lave-auto, les stations de lavage et la sortie. L'IHM peut afficher les informations en temps réel sur les véhicules détectés et aider à coordonner le flux de circulation dans le lave-auto.



Figure III.21: Capteur de boucle inductive SYK01

III.2.3.9.Capteur de qualité de l'eau : Pour assurer un lavage efficace et éviter d'endommager les véhicules, il est important de surveiller la qualité de l'eau utilisée. Les capteurs de qualité de l'eau peuvent mesurer des paramètres tels que le pH, la dureté, la turbidité et la présence de contaminants. L'IHM peut afficher les données sur la qualité de l'eau et déclencher des alertes en cas de problèmes.



Figure III.22: Kit Capteur De Conductivité K 1.0 Atlas Scientific

III.2.3.10.Capteur de position des brosses et des rouleaux : Pour garantir un nettoyage efficace et éviter les collisions avec les véhicules, les capteurs de position peuvent être utilisés pour surveiller la position des brosses et des rouleaux dans le système de lavage. L'IHM peut afficher les positions des brosses en temps réel et permettre aux opérateurs d'ajuster les paramètres si nécessaire.



Figure III.23:Capteur de position 5491325 pour CumSERVICES, pièces de moteur

III.2.3.11.Capteur de température ambiante : La température ambiante peut affecter le processus de lavage, notamment la performance des produits chimiques et le séchage des véhicules. Les capteurs de température ambiante peuvent être utilisés pour surveiller les conditions environnementales et ajuster les paramètres du processus de lavage en conséquence. L'IHM peut afficher les données sur la température ambiante et permettre aux opérateurs de prendre des décisions éclairées.



Figure III.24: Capteurs De Température D'air Ambiant Pour Détecter La Température De L'air Extérieur De La Voiture Compatible Avec 1 3 5 6 7 Série X3 X5 X6 Z4 Z8 E46 E90 E91 Oem 65816905133 Ambient Air Temperature.

III.2.3.12.Capteur de débit d'air : Pour surveiller la ventilation et assurer des conditions de travail confortables pour le personnel et les clients, les capteurs de débit d'air peuvent être utilisés pour mesurer le flux d'air dans les différentes zones du lave-auto. L'IHM peut afficher les données sur le débit d'air et permettre aux opérateurs d'ajuster les paramètres de ventilation si nécessaire.



Figure III.25: Débitmètre Sensirion SFM3000 pour Gaz, -200 slm à 200 slm, raccord 2 fils I2C

III.2.3.13.Capteur de niveau de mousse ou de savon : Ce capteur peut mesurer le niveau de mousse ou de savon dans les réservoirs utilisés pour le lavage des véhicules. L'IHM peut afficher les niveaux de mousse ou de savon en temps réel et déclencher des alertes lorsque le niveau est bas, indiquant ainsi aux opérateurs de recharger les réservoirs.



Figure III.26: Distributeur de savon mousse Tork Image Design avec capteur

III.2.3.14.Capteur de présence d'objets étrangers : Pour éviter les dommages aux véhicules et aux équipements, les capteurs de présence d'objets étrangers peuvent être utilisés pour détecter tout obstacle ou tout objet non désiré dans les zones de lavage. L'IHM peut afficher les alertes en cas de détection d'objets étrangers et permettre aux opérateurs de prendre des mesures correctives



Figure III.27: capteure pour le contrôle de présence, le contrôle de forme, le comptage et le tri

III.2.3.15.Capteur de vibrations : Les capteurs de vibrations peuvent être utilisés pour détecter les vibrations anormales ou les signes de dysfonctionnement dans les équipements de lavage, tels que les pompes, les moteurs et les rouleaux. L'IHM peut afficher les données sur les vibrations et déclencher des alertes en cas de problèmes, aidant ainsi à prévenir les pannes et les interruptions de service.

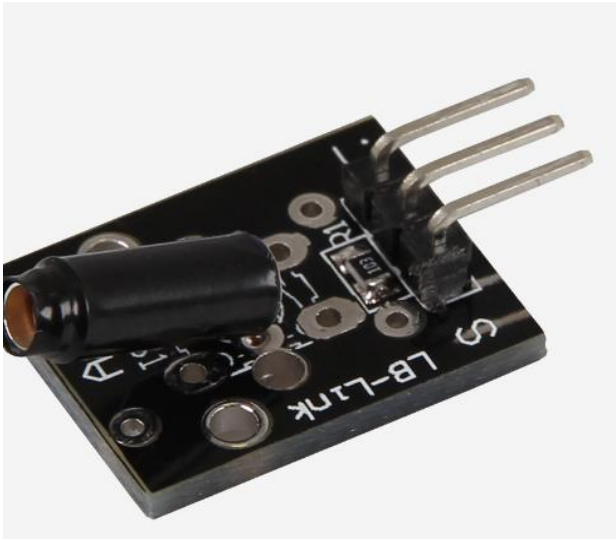


Figure III.28: Module capteur de vibrations KY-002

III.2.3.16.Capteur de niveau de bruit : Pour surveiller les niveaux de bruit dans les zones de lavage et assurer le confort des clients et du personnel, les capteurs de niveau de bruit peuvent être utilisés pour mesurer les niveaux sonores. L'IHM peut afficher les données sur le niveau de bruit et permettre aux opérateurs de prendre des mesures pour réduire le bruit si nécessaire.



Figure III.29: Capteur de niveau sonore LM393

III.2.3.17.Capteur de présence de vapeurs chimiques : Pour assurer la sécurité du personnel et des clients, les capteurs de présence de vapeurs chimiques peuvent être utilisés pour détecter les niveaux de gaz ou de vapeurs potentiellement dangereux dans les zones de lavage. L'IHM peut afficher les alertes en cas de détection de vapeurs chimiques et déclencher des mesures d'évacuation ou d'aération si nécessaire.



Figure III.30: Capteur de gaz MQ135

III.2.4. Actionneurs :

Les actionneurs sont des dispositifs qui produisent un mouvement ou une action en réponse à un signal électrique. Dans notre projet, des actionneurs tels que des vannes de contrôle, des moteurs de brosse et des pompes à eau sont utilisés pour effectuer différentes étapes du processus de lavage de voitures. Par exemple, des vannes de contrôle régulent le débit d'eau pendant le lavage, des moteurs de brosse nettoient la carrosserie des véhicules, et des pompes à eau fournissent de l'eau sous pression pour les systèmes de pulvérisation.

III.2.4.1.Moteurs électriques/pompes à eau : Ces actionneurs sont utilisés pour fournir la pression et le débit d'eau nécessaires pour le processus de lavage. Ils peuvent être contrôlés via des relais ou des modules de contrôle de moteur, et l'IHM peut permettre aux opérateurs de régler la vitesse et la puissance des moteurs pour adapter le lavage à différents types de véhicules ou de conditions.

Pour un système de lavage automatique des voitures, vous aurez besoin de moteurs électriques et de pompes à eau pour alimenter les différents équipements de lavage, tels que les brosses rotatives, les jets d'eau et les systèmes de pulvérisation. Voici quelques exemples de moteurs électriques et de pompes à eau adaptés à cette application :

III.2.4.2.Moteur électrique à courant continu (CC) :

Ces moteurs sont largement utilisés dans les applications de lavage de voitures en raison de leur fiabilité, de leur contrôle précis de la vitesse et de leur capacité à fournir un couple élevé. Ils sont utilisés pour alimenter divers équipements, tels que les convoyeurs, les brosses rotatives et les systèmes de levage.

Exemple : Moteur électrique CC à balais 12V.



Figure III.31: Moteur À Balais 150W DC 12V 24V

III.2.4.3.Pompes à eau haute pression :

Ces pompes sont utilisées pour générer des jets d'eau haute pression, essentiels pour le rinçage et le nettoyage efficace des voitures. Elles sont souvent utilisées dans les systèmes de lavage automatique pour fournir de l'eau à haute pression pour éliminer la saleté et les débris.

Exemple : Pompe à eau haute pression 12V DC.



Figure III.32: Sonew pompe à eau à membrane 12V DC 100W 8L / Min 160Psi pompe à eau auto-amorçante à membrane haute pression pour lavage

III.2.4.4.Pompes de circulation d'eau :

Ces pompes sont utilisées pour recycler l'eau dans le système de lavage automatique. Elles peuvent être utilisées pour pomper l'eau des réservoirs de stockage vers les buses de pulvérisation ou les brosses, ce qui permet une utilisation efficace de l'eau et réduit les coûts.

Exemple : Pompe de circulation d'eau submersible 12V.



Figure III.33: DC 12V 800L - H 5M Pompe à Eau Submersible sans balais pour système de Circulation d'eau système de Circulation Solaire[100]

III.2.4.5.Moteurs de convoyeur :

Ces moteurs sont utilisés pour faire avancer les véhicules à travers le système de lavage automatique. Ils fournissent le mouvement nécessaire pour déplacer les véhicules le long du trajet de lavage de manière contrôlée et sécurisée.

Exemple : Moteur électrique à engrenages pour convoyeur.



Figure III.34: Moteur de réduction de vitesse pour dispositif de transmission, équipement de convoyeur

Il est important de sélectionner les moteurs électriques et les pompes à eau en fonction des besoins spécifiques de Notre système de lavage de voitures automatique, en tenant compte de facteurs tels que la pression, le débit d'eau et la puissance nécessaire pour chaque application. Nous assurons également de choisisons des équipements de qualité et robustes, capables de fonctionner de manière fiable dans des conditions d'utilisation continue et parfois exigeantes.

III.2.4.6.Actionneurs pneumatiques : Les actionneurs pneumatiques sont utilisés pour actionner les différents composants du système de lavage, tels que les brosses, les jets d'eau, les rideaux d'eau et les portes de lave-auto. L'IHM peut fournir des commandes intuitives pour activer et désactiver ces actionneurs selon les besoins du processus de lavage.



Figure III.35: Vérin pneumatique double effet ISO 15552 grand diamètre

III.2.4.7.Électrovannes : Les électrovannes contrôlent le flux d'eau et de produits chimiques dans le système de lavage. Ils peuvent être ouverts ou fermés électriquement pour distribuer l'eau et les produits de lavage aux bons endroits et au bon moment. L'IHM peut inclure des boutons de commande pour ouvrir ou fermer les électrovannes individuellement ou en combinaison pour différents programmes de lavage.



Figure III.36: Électrovanne à action directe à 2 voies série 2W160-15 de U.S. Solid

III.2.4.8.Éclairage : Les lave-autos nécessitent un éclairage adéquat pour fonctionner efficacement, notamment pour permettre aux opérateurs de voir les véhicules pendant le processus de lavage. L'IHM peut contrôler les lumières à l'intérieur et à l'extérieur du lave-auto, permettant aux opérateurs d'ajuster l'éclairage en fonction des besoins.



Figure III.37: *IP65 Cote IP Certification CE lumière LED solaire 100W*



Figure III.38: exemple d un Model d eclirage .

III.2.4.9.Alarmes sonores ou visuelles : Pour signaler aux opérateurs et aux clients lorsque le processus de lavage est terminé ou en cas de problème, des alarmes sonores ou visuelles peuvent être activées. L'IHM peut inclure des fonctionnalités pour déclencher ces alarmes et afficher des messages d'erreur ou de confirmation à l'écran.



Figure III.39. Alarme sonore et lumineuse industrielle et ATEX - A2S

III.2.4.10.Système de séchage : Les souffleurs ou les ventilateurs sont utilisés pour sécher efficacement les véhicules après le lavage. L'IHM peut contrôler la puissance et la direction des souffleurs pour assurer un séchage complet et uniforme.



Figure III.40: Ventilateur de séchage industriel Masterflow 3 de XPOWER



Figure III.41: voiture dans la partie de sechage

III.2.4.11.Portes automatiques : Pour faciliter l'entrée et la sortie des véhicules du lave-auto, des portes automatiques peuvent être installées. L'IHM peut activer ces portes en réponse à la détection des véhicules ou en réponse aux commandes des opérateurs.



Figure III.42: portes automatiques

III.2.4.12.Système de paiement : Si votre service de lavage de voitures propose des options de paiement automatisées, l'IHM peut intégrer des actionneurs pour activer les lecteurs de cartes, les terminaux de paiement sans contact ou les dispositifs de reconnaissance de plaques d'immatriculation



Figure III.43: Terminal de paiement sans contact Verifone VX 820

Conclusion:

En conclusion, l'intégration harmonieuse entre Node-RED, l'IHM et les composants matériels crée une plateforme robuste et efficace pour un système de lavage automatisé de voitures. Cette approche non seulement simplifie la gestion opérationnelle mais améliore également la qualité du service offert aux utilisateurs finaux, tout en ouvrant la voie à de futures innovations et améliorations dans le domaine de l'IoT appliqué à l'automobile.

Chapitre IV:

IMPLIMENTATION ET RESULTAT

Introduction :

Dans le cadre de l'amélioration continue des services de lavage automobile, il est essentiel de comprendre et de formaliser chaque étape du processus afin d'assurer une opération efficace et une satisfaction optimale du client. Le chapitre IV de ce mémoire se concentre sur la présentation détaillée du diagramme de flux de processus pour le lavage des voitures. Ce diagramme est un outil visuel précieux qui illustre de manière systématique et séquentielle chaque étape que suit une voiture, depuis son arrivée au site de lavage jusqu'à ce qu'elle soit prête à être récupérée par le client.

Le processus de lavage des voitures est une opération complexe qui nécessite une coordination précise et l'intégration de plusieurs sous-processus. En documentant ce flux, nous visons à identifier les points critiques, à optimiser les ressources et à minimiser les temps d'attente, tout en garantissant une qualité de service supérieure. Le diagramme de flux de processus permet également de repérer les zones potentielles d'amélioration et d'introduire des innovations technologiques pour une automatisation accrue.[35]

Ce chapitre est structuré de manière à guider le lecteur à travers chaque phase clé du processus de lavage des voitures. Il commence par l'arrivée du client et la détection de la présence de son véhicule, passe par les étapes de sélection du service et de paiement, puis décrit le déroulement détaillé du lavage, du pré-lavage au séchage final. Enfin, il se termine par la signalisation de la fin du processus et la préparation du véhicule pour sa récupération.

L'objectif principal de ce chapitre est de fournir une vue d'ensemble claire et exhaustive du processus de lavage des voitures, en mettant en lumière les interactions entre le client, le système et les technologies impliquées. Cette compréhension approfondie est cruciale pour développer une Interface Homme-Machine (IHM) intuitive et efficace, capable de gérer ces opérations de manière transparente et de répondre aux attentes des utilisateurs avec précision et fiabilité.

IV.1 Diagramme de flux de processus :

- **Introduction au Diagramme de Flux de Processus du Lavage des Voitures**

Le processus de lavage des voitures est une opération complexe qui nécessite une séquence précise d'étapes pour assurer un nettoyage efficace et satisfaisant. Ce diagramme de flux de processus vise à illustrer de manière systématique chaque étape du parcours que suit une voiture depuis son arrivée au site de lavage jusqu'à ce qu'elle soit prête à être récupérée par le client.[36]

IV.2.1. Début du Processus

- **Arrivée du Client au Site de Lavage**

- Le processus commence lorsque le client arrive au site de lavage avec son véhicule.

- **Détection de la Présence de la Voiture**

- Le système de détection vérifie la présence du véhicule à l'entrée du site de lavage.

- **Sélection du Type de Lavage Préféré**

- Le client sélectionne le type de lavage qu'il souhaite (standard, premium, etc.) en fonction de ses besoins et de son budget.

- **Paiement**

- Le client effectue le paiement pour le service de lavage choisi.

IV.2.2. Validation du Paiement

- **Vérification du Paiement**

- Le système vérifie la validité du paiement effectué par le client.

- **Validation du Paiement**

- Si le paiement est vérifié avec succès, le système autorise le véhicule à entrer dans le processus de lavage.

- **Fermeture des Portes de Lavage**

- Les portes du compartiment de lavage se ferment automatiquement une fois que le véhicule est à l'intérieur.[37]

IV.2.3. Processus de Lavage

➢ Pré-Lavage

- Le système commence par appliquer un pré-lavage pour éliminer les saletés grossières et préparer la surface du véhicule pour le lavage principal.

➢ Lavage Principal

- Le lavage principal est effectué à l'aide de brosses, de jets d'eau et de produits de nettoyage appropriés pour éliminer la saleté et les résidus de la carrosserie.

➢ Rinçage

- Après le lavage principal, le système procède au rinçage complet du véhicule pour enlever tous les résidus de savon et de produits chimiques.

➢ Séchage

- Une fois le rinçage terminé, le système utilise des souffleries d'air chaud ou des serviettes pour sécher efficacement la carrosserie de la voiture.

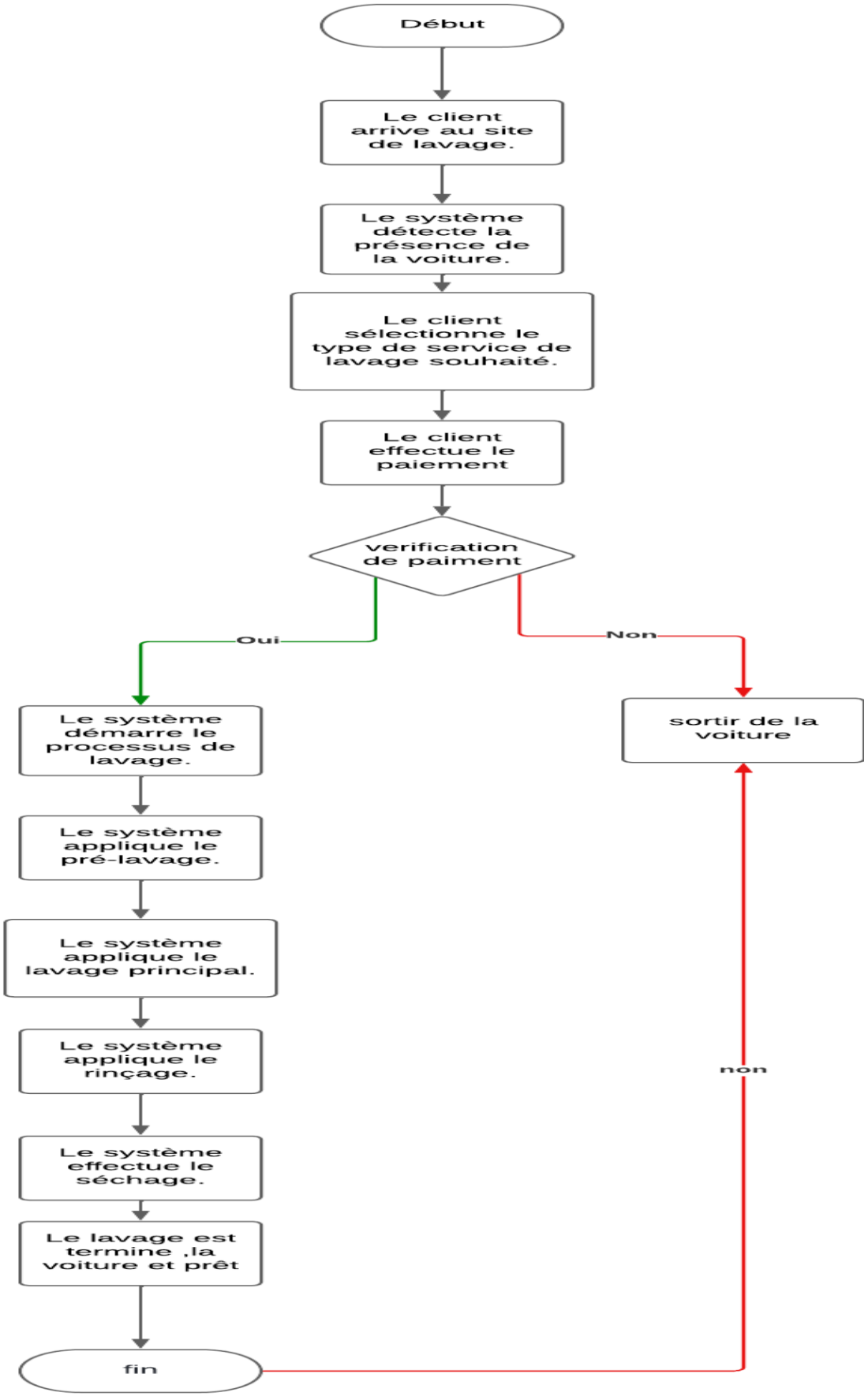
IV.2.4. Fin du Processus

➢ Lavage Terminé et Prêt

- Une fois le séchage terminé, le système signale que le lavage est terminé et que la voiture est prête à être récupérée par le client.[38]

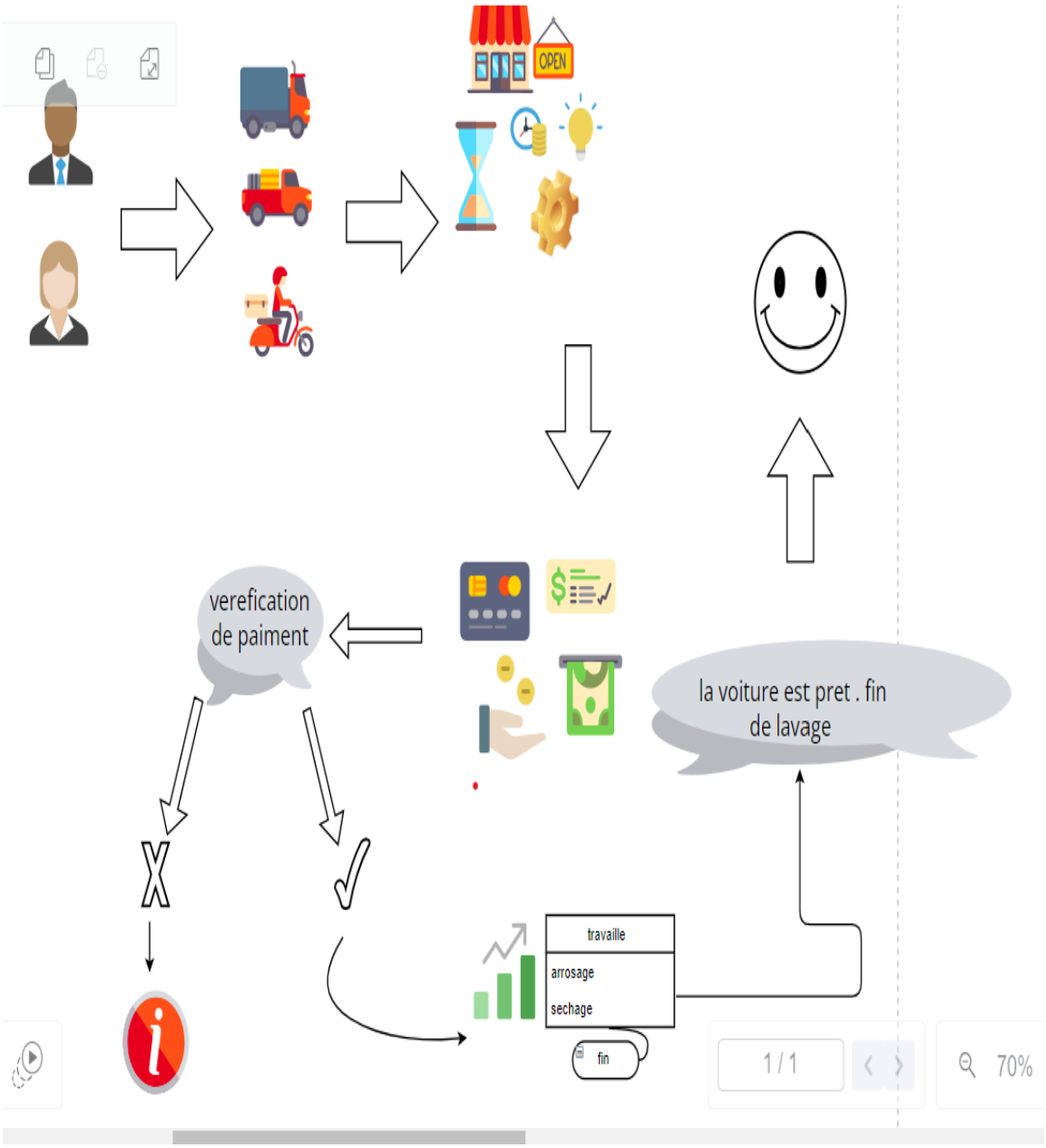
Conclusion

Ce diagramme de flux de processus illustre clairement chaque étape du processus de lavage des voitures, depuis l'arrivée du client jusqu'à la fin du processus de lavage. Chaque étape est conçue pour assurer une expérience fluide et efficace, tout en garantissant un nettoyage complet et de haute qualité du véhicule du client.[39]


Début
Le client arrive au site de lavage.
Le système détecte la présence de la voiture.
Le client sélectionne le type de service de lavage souhaité.
Le client effectue le paiement
verification de paiment
Oui
Non
Le système démarre le processus de lavage.
Le système applique le pré-lavage.
Le système applique le lavage principal.
Le système applique le rinçage.
Le système effectue le séchage.
Le lavage est termine ,la voiture et prêt
fin
sortir de la voiture
non

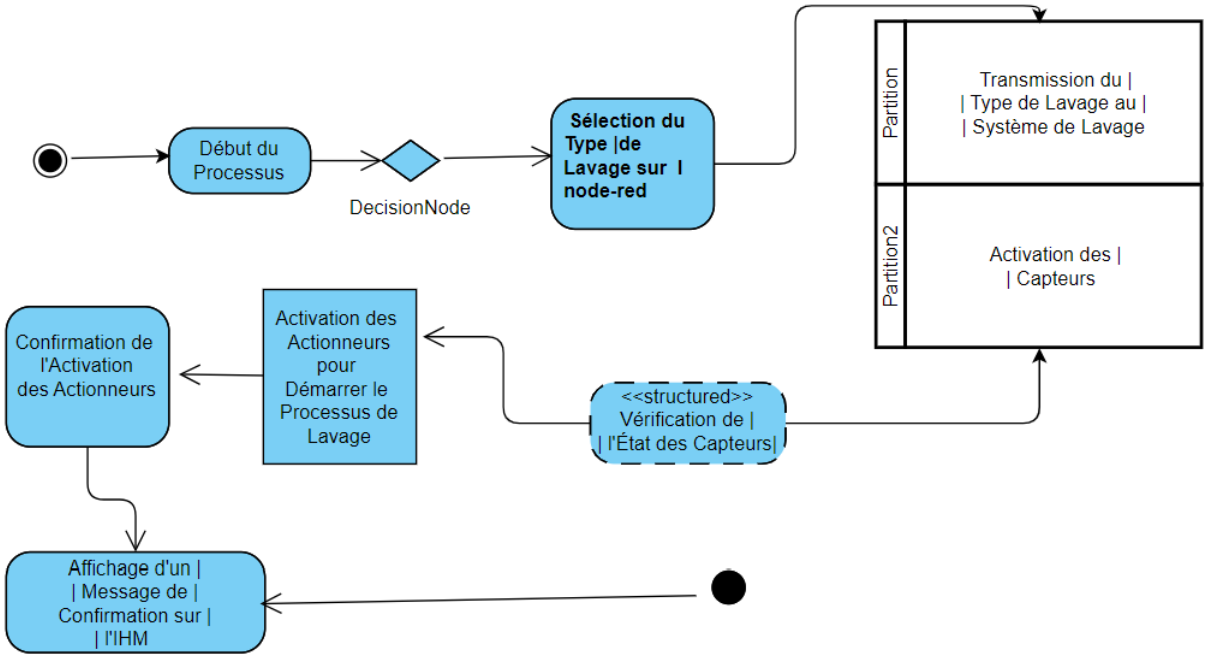
IV.2.Diagramme de séquence :

Un diagramme de séquence peut être utilisé pour représenter la séquence des interactions entre l'IHM Node-RED et les différents composants du système de lavage de voitures. Cela inclut les requêtes et les réponses entre l'IHM, les capteurs, les actionneurs et autres systèmes.[40]

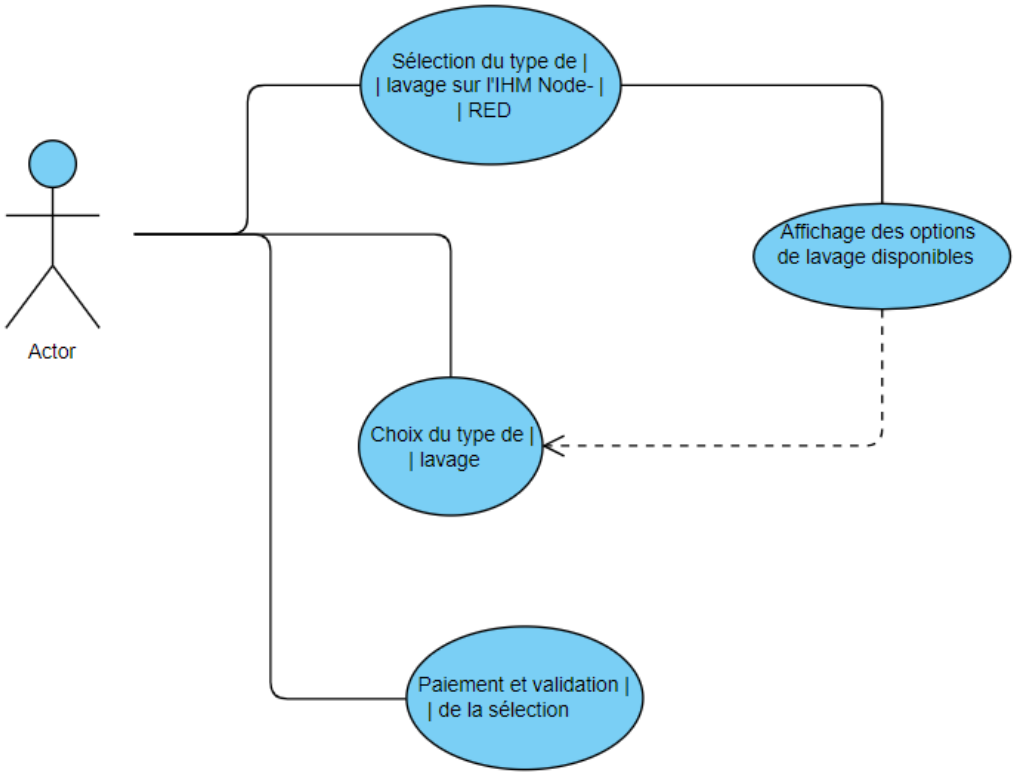


IV.3. Diagramme d'activité :

Dans ce diagramme d'activité, chaque action est représentée par une boîte rectangulaire, et chaque capture d'information est représentée par une flèche entrante. Le processus commence par la sélection du type de lavage sur l'IHM Node-RED, puis chaque étape suivante correspond à une action ou une vérification effectuée par le système de lavage. Une fois que toutes les étapes sont complétées avec succès, le processus se termine.[41]



IV.4. diagramme de cas d'utilisation (use case diagram):

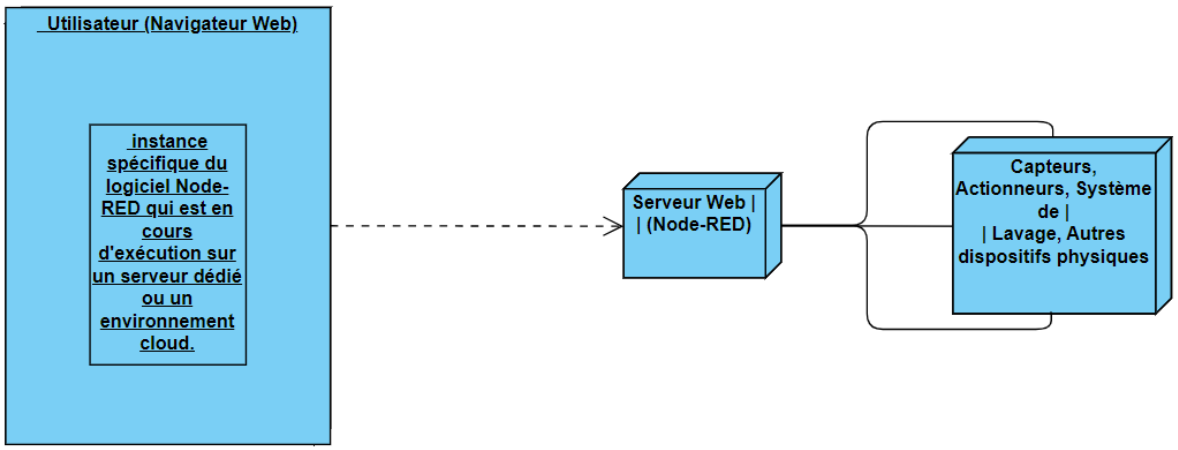


Dans ce diagramme de cas d'utilisation :

- L'acteur principal est l'Utilisateur.
- Les cas d'utilisation sont représentés par des ellipses.
- Les flèches pointent de l'acteur vers les cas d'utilisation, indiquant l'interaction de l'acteur avec chaque cas d'utilisation.

Chaque cas d'utilisation décrit une action ou une fonctionnalité que l'utilisateur peut effectuer à l'aide de l'IHM Node-RED dans le contexte du service de lavage de voitures.

IV.5. diagramme de déploiement :



IV.5.1. diagramme de déploiement :

- L'utilisateur interagit avec le système de lavage de voitures à travers un navigateur web, qui communique avec un serveur web.
- Le serveur web héberge l'IHM Node-RED, où les utilisateurs peuvent sélectionner le type de lavage.
- Le serveur web communique avec les capteurs, les actionneurs et d'autres dispositifs physiques nécessaires pour effectuer le lavage de voitures.
- Les capteurs surveillent divers aspects du processus de lavage (comme la position des véhicules), tandis que les actionneurs exécutent les opérations physiques (comme activer les jets d'eau).
- Tous ces composants sont interconnectés et fonctionnent ensemble pour fournir le service de lavage de voitures.

IV.6.1 Exemples de Flux de Données

Les flux de données entre l'IHM et Node-RED peuvent inclure :

- **Commandes de Démarrage/Arrêt du Lavage :** L'IHM envoie des commandes à Node-RED pour démarrer un type de lavage spécifique choisi par l'utilisateur.
- **Mises à Jour d'État en Temps Réel :** Node-RED envoie des informations à l'IHM sur l'état actuel du lavage (par exemple, "Lavage en cours", "Rinçage en cours") pour que l'utilisateur suive le processus.
- **Réglage Dynamique des Paramètres :** Node-RED ajuste les paramètres de lavage en fonction des interactions de l'utilisateur via l'IHM, assurant une personnalisation du service.

IV.6.2 Feedback et Mise à Jour

Le feedback en temps réel entre Node-RED et l'IHM est essentiel pour une expérience utilisateur optimale et pour assurer le bon déroulement du processus de lavage :

IV.6.2.1. Flux d'Information entre Node-RED et l'IHM

- **Mise à Jour Continue de l'État :** Node-RED envoie des mises à jour d'état à l'IHM pour refléter en temps réel les conditions du système, comme les étapes du lavage en cours ou les notifications d'anomalies.[42]
- **Notifications et Alertes :** L'IHM reçoit des alertes de Node-RED en cas de problèmes ou de besoins d'intervention humaine, garantissant une gestion proactive des incidents.
- **Interaction Bidirectionnelle :** Les utilisateurs peuvent interagir avec l'IHM pour démarrer, arrêter le lavage et ajuster les paramètres, tandis que Node-RED traite ces commandes et ajuste les actionsneurs en conséquence.

IV.6.2.2. Importance du Feedback en Temps Réel

- **Optimisation de l'Expérience Utilisateur :** Un feedback immédiat permet aux utilisateurs de comprendre rapidement l'état du système et d'agir en conséquence.
- **Fiabilité du Processus :** Les mises à jour constantes assurent que le lavage de voitures se déroule de manière fluide, minimisant les interruptions et maximisant l'efficacité.

- **Maintenance Prédictive :** Les données en temps réel permettent à Node-RED de détecter les problèmes potentiels et d'alerter l'IHM pour une maintenance préventive, réduisant ainsi les temps d'arrêt imprévus.[43]

Cette section détaille l'interaction cruciale entre Node-RED et l'IHM dans un système de lavage de voitures automatisé, mettant en lumière l'importance de la conception intuitive de l'IHM et d'une communication efficace pour optimiser l'expérience utilisateur.

IV.7. exemple concret où un service de lavage de voitures utilise Node-RED et une IHM

Imaginons un exemple concret où un service de lavage de voitures utilise Node-RED et une IHM pour offrir différentes options de lavage et assurer un contrôle efficace du processus.

IV.7.1. Architecture Générale

Le système se compose des éléments suivants :

- **Node-RED :** Plateforme de gestion de la logique de contrôle et d'intégration avec l'IHM, ainsi que la communication avec les capteurs et les actionneurs.
- **IHM :** Interface Homme-Machine permettant à l'utilisateur de sélectionner le type de lavage et de visualiser le statut du processus.
- **Capteurs :** Incluent des capteurs de pression d'eau, de débit d'eau et de qualité de l'eau pour surveiller les conditions du lavage.
- **Actionneurs :** Contrôlent les équipements physiques tels que les pompes à eau, les vannes, et les moteurs pour le mouvement des brosses et la distribution de produits de lavage.

IV.7.2. Interaction entre Node-RED et l'IHM

L'interaction entre Node-RED et l'IHM permet un contrôle fluide du processus de lavage :

- **Sélection du Type de Lavage :** L'utilisateur choisit le type de lavage (standard, premium, écologique) via l'IHM.

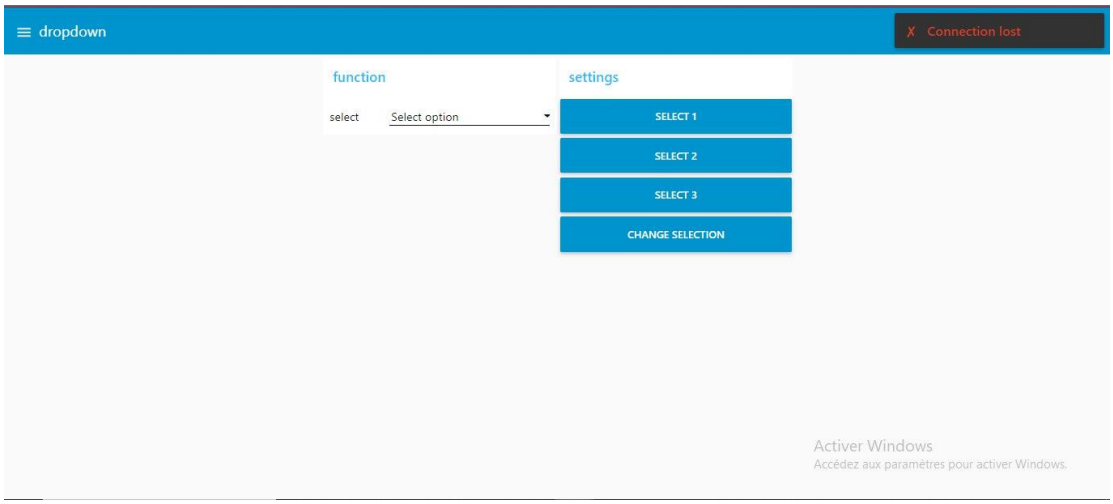


Figure IV.1 : Selection de type de lavage avec l`IHM

- **Communication avec Node-RED :** L'IHM envoie la commande de lavage sélectionné à Node-RED.
- **Activation des Actionneurs :** Node-RED réceptionne la commande, active les actionneurs nécessaires pour démarrer le processus de lavage sélectionné.

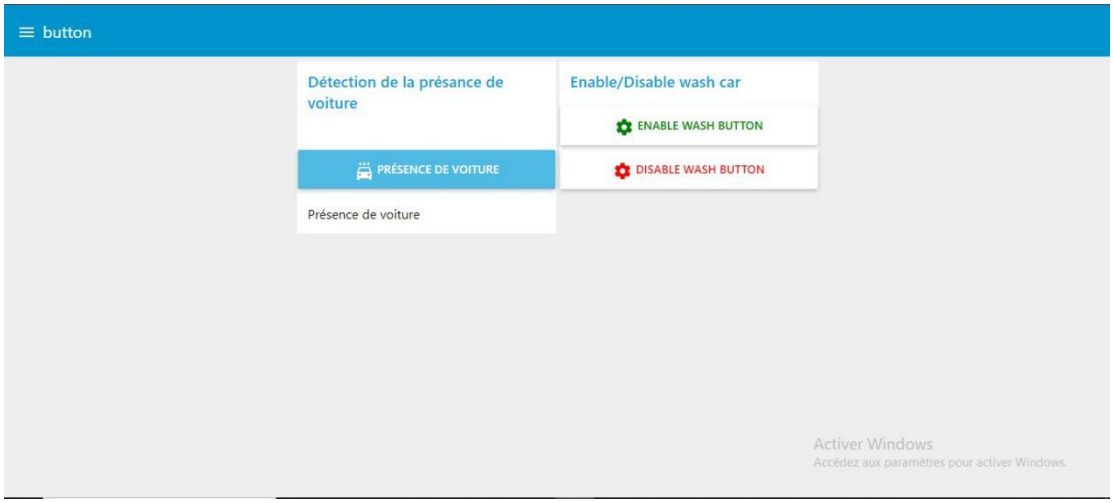


Figure IV.2 : l`activation et la desactivation de tout les utils de lavage

- **Surveillance et Mise à Jour en Temps Réel :** Pendant le lavage, Node-RED surveille les capteurs pour maintenir les conditions optimales et met à jour l'IHM avec le statut en temps réel du processus ("Lavage en cours", "Rinçage en cours", "Séchage en cours").
- **Notification de Fin de Lavage :** Une fois le lavage terminé, Node-RED envoie un signal à l'IHM pour informer l'utilisateur que le véhicule est prêt à être récupéré.[44]

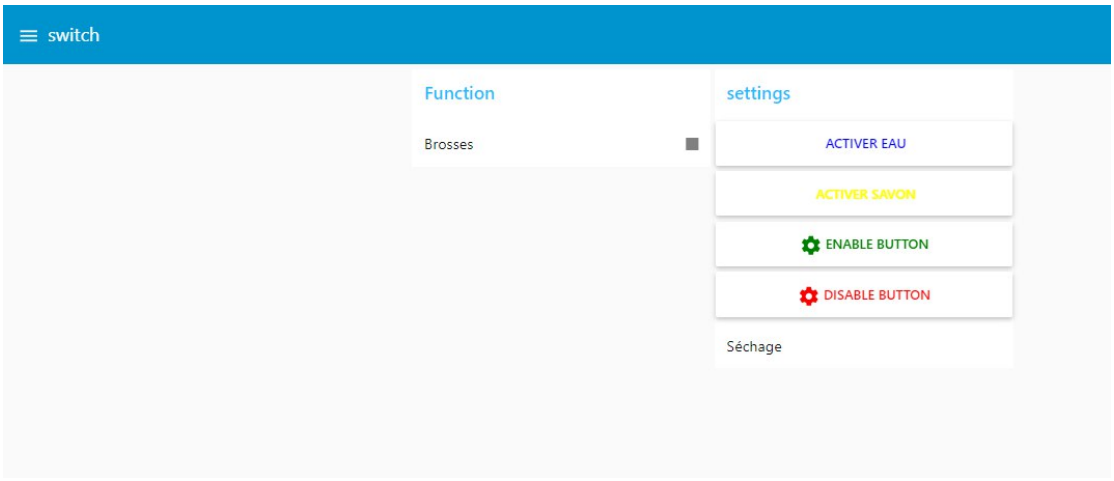


Figure IV.3 : IHM Controle generale des brosses et de l`eau de savon l`activation et la desactivation de lavage et de sechage tout en un

IV.7.3. Planification du Système

Avant l'implémentation physique, une planification détaillée est nécessaire :

- **Identification des Capteurs et Actionneurs :** Déterminer quels capteurs (pression, débit, qualité de l'eau) et actionneurs (pompes, vannes) seront nécessaires pour chaque type de lavage.

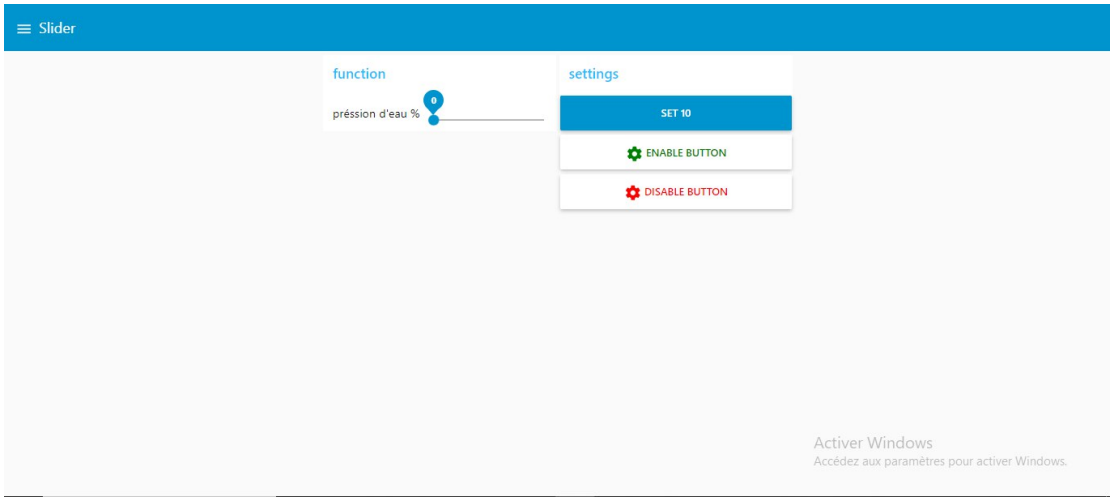


Figure IV.4: Exemple de Controler la pression d eau (IHM slider)

- **Schéma de Câblage :** Définir un schéma de câblage détaillé pour assurer une intégration efficace des capteurs, actionneurs et de l'IHM.

4. Connexion Physique

Une fois la planification achevée, la phase de connexion physique inclut :

- **installation de l'Alimentation Electrique :** Installer une alimentation conforme aux spécifications pour tous les composants du système.[45]

- **Câblage des Capteurs et Actionneurs :** Effectuer le câblage selon les exigences de sécurité et de fonctionnalité pour assurer un fonctionnement fiable du système.

5. Configuration Logicielle

La configuration logicielle implique :

- **Programmation dans Node-RED :** Développer la logique de contrôle dans Node-RED pour gérer les différentes étapes du processus de lavage.
- **Développement de l'IHM :** Créer une interface utilisateur intuitive pour permettre à l'utilisateur de sélectionner les options de lavage et de visualiser le statut du processus.

6. Test et Mise en Service

Effectuer des tests approfondis pour vérifier :

- **Communication Node-RED - IHM :** Assurer que Node-RED et l'IHM échangent les données correctement.
- **Réponse des Capteurs et Actionneurs :** Vérifier que les capteurs détectent correctement les conditions du lavage et que les actionneurs répondent aux commandes.[46]

7. Optimisation et Maintenance

- **Stratégies d'Optimisation :** Améliorer les performances du système en fonction des retours d'utilisation.
- **Maintenance Préventive :** Établir un plan de maintenance régulier pour assurer la fiabilité continue du système.

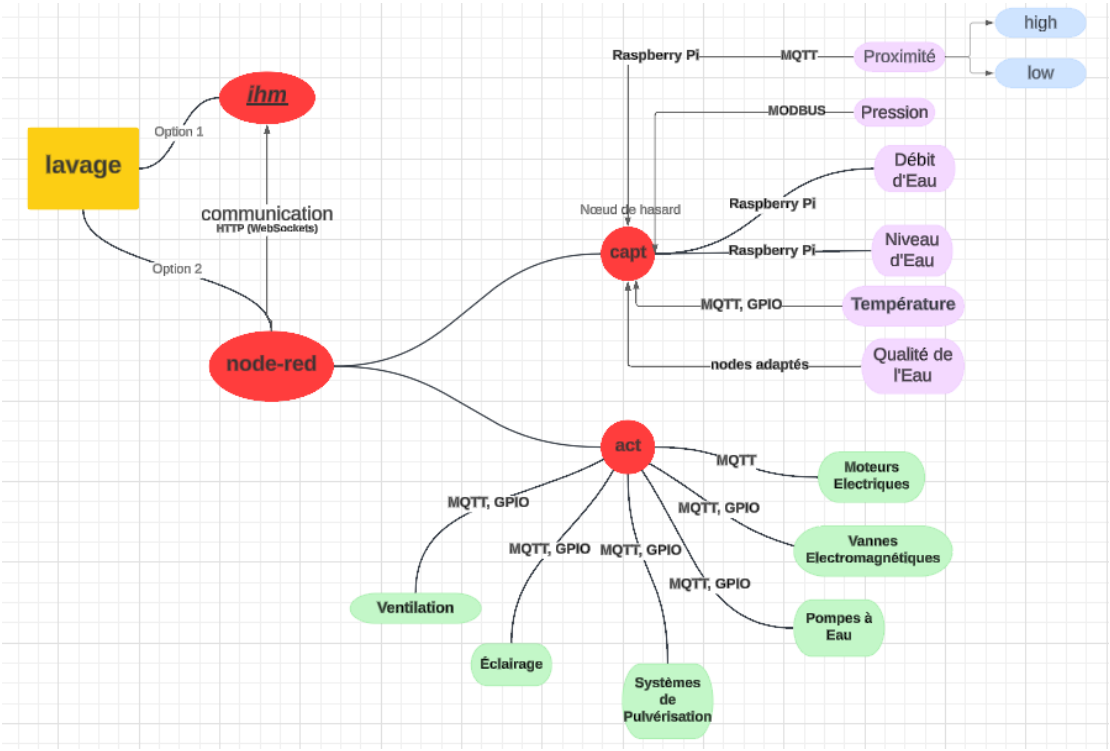


Diagramme de Câblage Général

❖ comment l'IHM communique avec Node-RED, comment Node-RED interagit avec les capteurs et les actionneurs:

L'IHM (Interface Homme-Machine) communique avec Node-RED généralement à travers des protocoles standard comme HTTP ou MQTT. Voici comment cela fonctionne typiquement :

1. Communication entre l'IHM et Node-RED :

- **HTTP (WebSockets) :** Node-RED expose souvent une interface web via HTTP (par exemple sur le port 1880 par défaut). L'IHM peut envoyer des requêtes HTTP à Node-RED pour déclencher des actions ou pour récupérer des données. Node-RED peut également utiliser des WebSockets pour permettre une communication bidirectionnelle en temps réel avec l'IHM.[47]

- **MQTT :** MQTT est un protocole de messagerie léger utilisé pour la communication machine à machine (M2M) et IoT. Node-RED peut agir comme un broker MQTT ou se connecter à un broker MQTT externe. L'IHM peut publier des messages MQTT à Node-

RED pour envoyer des commandes ou des données, et Node-RED peut publier des messages MQTT vers l'IHM pour envoyer des mises à jour de données.

❖ Interaction de Node-RED avec les capteurs et actionneurs :

➢ **Capteurs :** Node-RED peut interagir avec des capteurs de différentes manières, selon leur type et leur protocole de communication. Par exemple, si les capteurs utilisent MQTT pour publier leurs données, Node-RED peut les écouter en tant qu'abonné MQTT. Pour les capteurs avec des interfaces matérielles spécifiques (comme GPIO sur Raspberry Pi), Node-RED peut utiliser des nodes (nœuds) spécifiques à ces interfaces pour lire les données des capteurs. Des exemples des captures :

✓ **Capteur de Proximité :** Si le capteur de proximité envoie des signaux numériques (par exemple, HIGH ou LOW), vous pouvez utiliser un microcontrôleur ou une carte comme Arduino ou Raspberry Pi pour lire ces signaux. Node-RED peut alors communiquer avec le microcontrôleur via MQTT ou directement par GPIO (si c'est un Raspberry Pi) pour recevoir les données de proximité.[48]

✓ **Capteur de Pression :** Si le capteur de pression utilise un protocole comme MODBUS ou envoie des données analogiques, Node-RED peut utiliser des nodes adaptés pour lire ces données. Il existe des nodes MODBUS ou des nodes pour la lecture de signaux analogiques qui peuvent être utilisés selon le type de capteur de pression.

✓ **Capteur de Débit d'Eau :** Ce capteur peut fournir des données numériques ou analogiques. Node-RED peut lire ces données à partir d'un microcontrôleur connecté ou d'un module électronique spécialisé, en utilisant des nodes adaptés pour la lecture des valeurs de débit.

✓ **Capteur de Niveau d'Eau :** Pour surveiller les niveaux d'eau, Node-RED peut utiliser des capteurs à ultrasons, des flotteurs ou des capteurs analogiques. La lecture de ces capteurs peut être intégrée à Node-RED via GPIO ou d'autres protocoles en fonction des spécificités du capteur.[49]

- ✓ **Capteur de Température :** Si le capteur de température est connecté à un microcontrôleur ou à un module électronique (comme DS18B20 pour les températures de l'eau), Node-RED peut lire les données via MQTT, GPIO ou des protocoles comme MODBUS selon la configuration du système.

- ✓ **Capteur de Qualité de l'Eau :** Ce capteur peut fournir des données analogiques ou numériques sur la qualité de l'eau. Node-RED peut lire ces données à l'aide de nodes adaptés à la lecture des valeurs de qualité de l'eau.

- ➢ **Actionneurs :** De la même manière, Node-RED peut contrôler des actionneurs à travers différents moyens. Par exemple, en utilisant MQTT pour envoyer des commandes aux actionneurs connectés au même broker MQTT que Node-RED. Pour les actionneurs connectés localement à des systèmes comme des Arduino ou Raspberry Pi, Node-RED peut utiliser des nodes spécifiques pour envoyer des signaux de commande (par exemple, en changeant l'état d'une broche GPIO pour activer un actionneur).

- ✓ **Moteurs Electriques :** Pour contrôler les moteurs électriques (par exemple, pour les brosses et jets d'eau), Node-RED peut envoyer des signaux de contrôle à un microcontrôleur ou à un contrôleur de moteur. Cela peut se faire via MQTT, GPIO ou d'autres interfaces comme MODBUS, en fonction de l'architecture du système.

- ✓ **Vannes Electromagnétiques :** Pour réguler le flux d'eau avec des vannes électromagnétiques, Node-RED peut envoyer des commandes d'ouverture/fermeture à des microcontrôleurs ou à des dispositifs de contrôle spécialisés. Les communications peuvent utiliser MQTT, GPIO ou d'autres protocoles selon les exigences du système.

- ✓ **Pompes à Eau :** Node-RED peut contrôler les pompes à eau en envoyant des signaux de contrôle pour démarrer, arrêter ou ajuster la vitesse des pompes. Cela se fait généralement via des microcontrôleurs ou des dispositifs de contrôle, intégrés avec Node-RED via MQTT, GPIO ou d'autres protocoles.

- ✓ **Systèmes de Pulvérisation :** Pour activer les systèmes de pulvérisation (par exemple, pour appliquer de l'eau et du savon), Node-RED peut envoyer des signaux de commande à des modules de pulvérisation contrôlés par microcontrôleur ou d'autres dispositifs. La communication peut utiliser MQTT, GPIO ou des protocoles spécifiques selon l'implémentation.

- ✓ **Éclairage :** Node-RED peut contrôler les systèmes d'éclairage en envoyant des commandes pour activer/désactiver ou ajuster l'intensité des lumières. Cela peut être réalisé via MQTT, GPIO ou d'autres protocoles selon l'équipement d'éclairage utilisé.

- ✓ **Ventilation :** Pour contrôler la ventilation (par exemple, pour réguler la circulation de l'air), Node-RED peut envoyer des commandes à des contrôleurs de ventilation via MQTT, GPIO ou d'autres interfaces adaptées.

➢ Vérification de Paiement :

Pour intégrer la vérification de paiement, vous pouvez utiliser des services tiers de paiement en ligne ou des systèmes de gestion de paiement. Node-RED peut interagir avec ces systèmes via des API HTTP ou d'autres méthodes de communication. Voici comment cela pourrait être configuré :

- ✓ **API de Paiement :** Configurez un node HTTP Request dans Node-RED pour envoyer une requête à l'API de paiement. Cette requête peut inclure des informations telles que le montant à payer et l'identifiant de transaction.

- ✓ **Réponse de Paiement :** Node-RED recevra une réponse de l'API de paiement. Vous pouvez configurer un flow qui analyse cette réponse pour vérifier si le paiement a été autorisé ou non.

- ✓ **Intégration avec le Système de Lavage :** Si le paiement est autorisé, Node-RED peut activer les choix de type de lavage et démarrer le processus de lavage.

➢ Choix de Type de Lavage :

Une fois le paiement vérifié, l'utilisateur peut choisir le type de lavage souhaité. Cela peut être implémenté de la manière suivante :

- ✓ **Interface Utilisateur :** Utilisez une interface web ou une application mobile connectée à Node-RED pour permettre à l'utilisateur de sélectionner le type de lavage.

- ✓ **Réception de la Sélection :** Node-RED peut recevoir cette sélection via des requêtes HTTP ou MQTT provenant de l'interface utilisateur.

- ✓ **Traitement dans Node-RED :** En fonction du type de lavage sélectionné, Node-RED peut ajuster les paramètres du système de lavage (par exemple, la durée, les produits utilisés, etc.).

➢ Début et Fin du Lavage :

Une fois que l'utilisateur a choisi le type de lavage, Node-RED peut gérer le démarrage et la fin du processus de lavage :

- ✓ **Démarrage du Lavage :** Node-RED envoie les commandes nécessaires aux actionneurs appropriés (pompes, vannes, moteurs, etc.) pour démarrer le processus de lavage.

- ✓ **Surveillance du Lavage :** Pendant le lavage, Node-RED peut surveiller les capteurs pour s'assurer que tout se déroule comme prévu (par exemple, en surveillant les niveaux d'eau, la température, etc.).

- ✓ **Fin du Lavage :** Une fois le processus terminé (par exemple, après un temps prédéfini ou lorsque les conditions spécifiées sont remplies), Node-RED peut envoyer des notifications à l'utilisateur et arrêter les actionneurs.

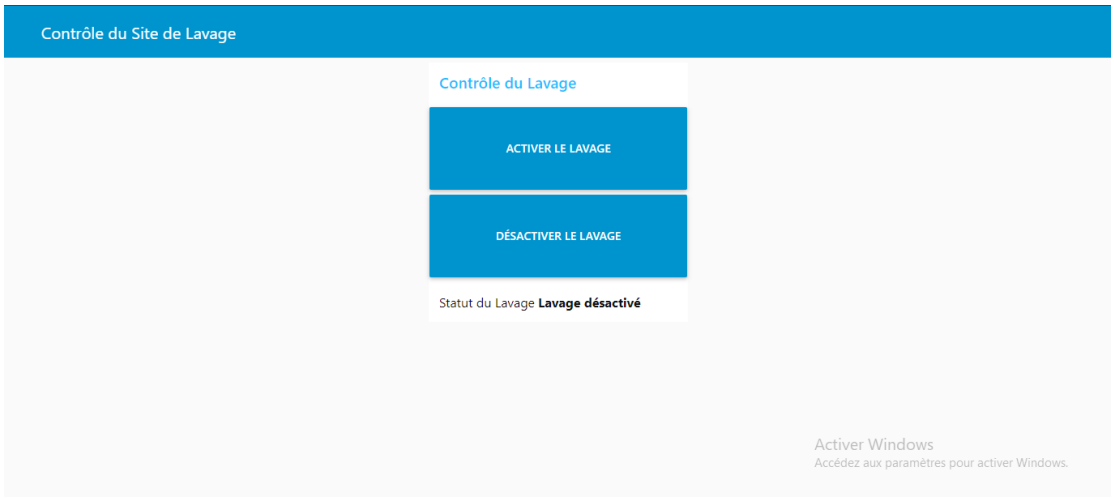


Figure IV.6 : L`activation et la desactivation de lavage depuit L`IHM

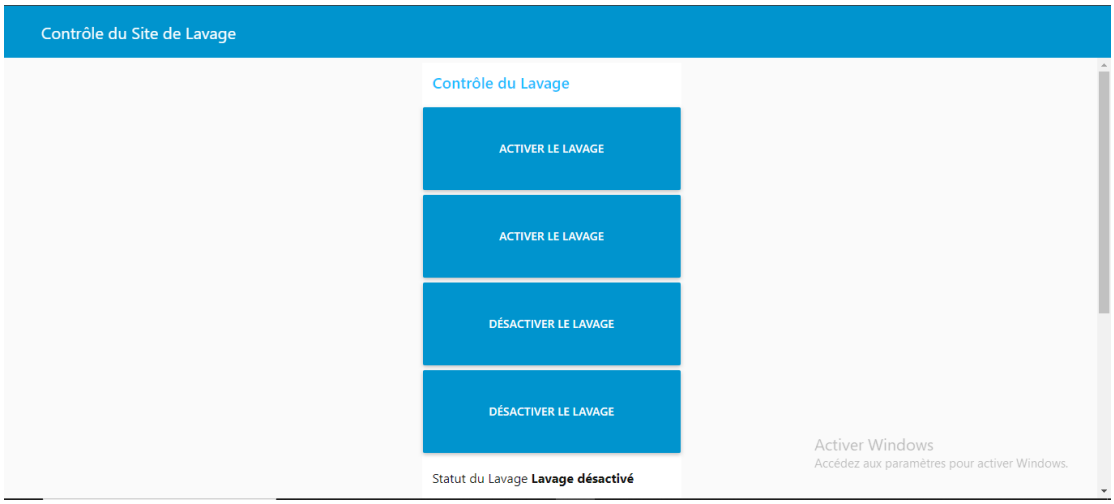


Figure IV.7 : L`ajoute de deux neuveaux postes de lavage

Contrôle generale des systemes :



Figure IV.8 : Contrôle generale des systemes

1.1 Initialisation

Démarrage du système Node-RED pour la gestion du processus de lavage.

1.2 Capture des Données des Capteurs

Capteur de Proximité : Détecte l'arrivée des véhicules.

Capteur de Pression : Contrôle et maintien de la pression de l'eau.

Capteur de Débit d'Eau : Mesure la quantité d'eau utilisée pendant le lavage.

Capteur de Niveau d'Eau : Surveille les niveaux d'eau propre et usée dans le système.

Capteur de Température : Contrôle et ajustement de la température de l'eau.

Capteur de Qualité de l'Eau : Vérification de la qualité de l'eau utilisée pour le lavage.

2. Transmission des Données

Transmission des données capturées des capteurs à Node-RED pour le traitement ultérieur.

3. Traitement et Contrôle

3.1 Logique de Contrôle

Utilisation de nœuds de traitement dans Node-RED pour analyser les données des capteurs.

3.2 Décision et Activation des Actionneurs

Établissement de conditions basées sur les données des capteurs (par exemple, pression d'eau optimale, température appropriée).

Commande des actionneurs correspondants pour débuter et gérer le processus de lavage.

4. Actionnement (Actionneurs)

4.1 Contrôle des Actionneurs

Moteurs Électriques : Contrôle des brosses rotatives et des systèmes de jets d'eau.

Vannes Électromagnétiques : Régulation précise du flux d'eau pendant le lavage.

Pompes à Eau : Distribution contrôlée d'eau et de produits de lavage.

Systèmes de Pulvérisation : Application uniforme d'eau et de savon sur la surface des véhicules.

Éclairage et Ventilation : Activation des systèmes d'éclairage pour assurer une visibilité adéquate et gestion de la ventilation pour contrôler l'humidité.

5. Exemple de Flux de Travail

5.1 Sélection du Type de Lavage

Interface Homme-Machine (IHM) permettant à l'utilisateur de choisir entre différents types de lavage (standard, premium, écologique).

5.2 Initialisation du Processus de Lavage

Transmission de la commande sélectionnée depuis l'IHM vers Node-RED pour démarrer le processus de lavage.

5.3 Contrôle Actif des Actionneurs

Node-RED active les actionneurs appropriés pour exécuter le processus de lavage en fonction des spécifications choisies.

5.4 Surveillance et Ajustement en Temps Réel

Surveille continuellement les paramètres critiques (pression, température, niveaux d'eau) et ajuste les actionneurs pour maintenir des conditions optimales.

5.5 Notification de Fin de Lavage

Une fois le lavage terminé, envoie une notification à l'IHM pour informer l'utilisateur que le véhicule est prêt à être récupéré.

6. Avantages et Résultats Attendus

Automatisation et Efficacité : Réduction de la main-d'œuvre requise et optimisation des ressources.

Meilleure Expérience Utilisateur : IHM intuitive facilitant l'interaction et la compréhension du processus de lavage.

Maintenance Préventive : Détection précoce des problèmes potentiels pour une gestion proactive et une maintenance efficace.

7. Vérification du Paiement

7.1 Intégration dans le Processus de Lavage

Avant le Début du Lavage : Avant de démarrer le processus de lavage, le système vérifie si le paiement a été effectué. Cette vérification peut être réalisée à l'aide de systèmes de paiement électronique intégrés à l'IHM ou à une application mobile associée.

Validation du Statut de Paiement : Le système consulte une base de données ou un service externe pour vérifier si le client a payé pour le type de lavage sélectionné.

7.2 Actions en Cas de Paiement Valide

Démarrage du Processus de Lavage : Si le paiement est confirmé, le système de lavage démarre automatiquement en suivant les paramètres sélectionnés par le client via l'IHM.

Activation des Capteurs et Actionneurs : Les capteurs détectent l'arrivée du véhicule et les actionneurs (comme les brosses, les jets d'eau, etc.) sont activés selon le programme de lavage prévu.

7.3 Actions en Cas de Paiement Non Valide

Notification à l'IHM : Si le paiement n'a pas été effectué ou s'il y a une erreur dans la vérification, le système envoie une notification à l'IHM pour informer le client que le lavage ne peut pas commencer.

Instructions Supplémentaires : L'IHM peut alors fournir des instructions pour finaliser le paiement ou proposer des options alternatives.

8. Avantages de la Vérification du Paiement

Réduction des Fraudes : Assure que seuls les clients ayant effectué le paiement approprié bénéficient du service de lavage, réduisant ainsi les risques de non-paiement.

Meilleure Gestion des Opérations : Optimise l'utilisation des ressources en évitant les lavages non rémunérés.

Expérience Client Améliorée : Garantit une expérience client fluide en intégrant le paiement et le service de lavage dans un processus cohérent et sécurisé.

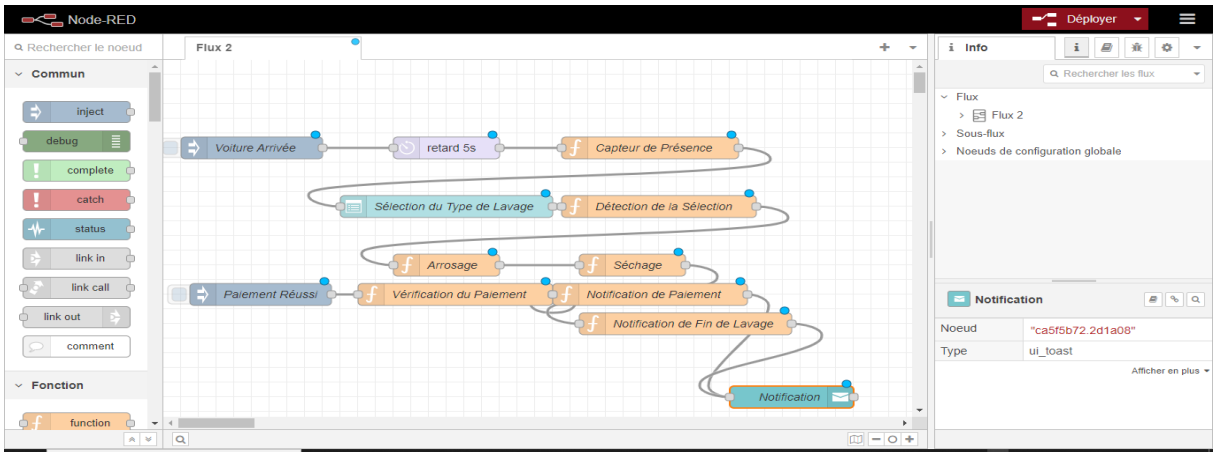


Figure IV.9 : exemple d`un flux pour controller lavage generallement

Conclusion :

l'importance d'une approche intégrée et automatisée dans le domaine des services de lavage de voitures. En utilisant Node-RED comme plateforme de gestion et de contrôle d'interface, le système offre une solution efficace et flexible pour répondre aux besoins divers des clients. Les diagrammes détaillés, tels que le diagramme de flux de processus, le diagramme de séquence, le diagramme d'activité, le diagramme de cas d'utilisation et le diagramme de déploiement, démontrent la clarté et la robustesse de la conception.

Le système garantit une expérience utilisateur améliorée grâce à une interface conviviale permettant la sélection facile des types de lavage et une communication transparente avec les capteurs et les actionneurs. L'automatisation des processus de lavage assure une exécution cohérente et efficace, minimisant les erreurs humaines et optimisant les ressources. De plus, la rétroaction en temps réel et la maintenance prédictive renforcent la fiabilité opérationnelle, assurant une disponibilité continue du service.

En conclusion, le système de lavage de voitures basé sur Node-RED représente une solution innovante qui allie technologie avancée et praticité pour répondre aux exigences croissantes du marché tout en offrant une expérience client exceptionnelle et des performances optimales.

Conclusion Générale :

Le développement d'une Interface Homme-Machine (IHM) intuitive pour une station de lavage automobile en utilisant Node-RED représente une avancée significative dans l'amélioration des services automatisés et de l'expérience utilisateur. Ce mémoire a démontré comment une approche technologique moderne peut répondre efficacement aux besoins des utilisateurs et des exploitants de stations de lavage.

À travers ce projet, nous avons identifié les principaux défis auxquels sont confrontées les stations de lavage traditionnelles, tels que l'efficacité opérationnelle, la gestion des ressources et la satisfaction client. En intégrant une IHM intuitive, nous avons pu montrer que ces défis peuvent être surmontés en offrant une interface conviviale, rapide et facile à utiliser pour les clients, tout en fournissant aux exploitants des outils robustes pour la gestion et la supervision des opérations.

Node-RED, avec ses capacités de développement visuel et son intégration facile avec divers composants matériels et logiciels, s'est avéré être une solution idéale. Son utilisation a permis une automatisation intelligente et une gestion en temps réel des données, éléments essentiels pour moderniser les services de lavage de voitures.

La conception de l'IHM a mis en avant l'importance de l'ergonomie, de l'accessibilité et de la sécurité. En suivant les meilleures pratiques et en prenant en compte les retours des utilisateurs, nous avons pu créer une interface qui répond aux attentes et aux besoins spécifiques des utilisateurs finaux et des exploitants.

En conclusion, ce projet illustre les avantages de l'utilisation de technologies modernes pour transformer l'industrie des services de lavage automobile. Le développement d'une IHM intuitive avec Node-RED permet non seulement d'optimiser les opérations et de réduire les coûts, mais aussi d'améliorer de manière significative l'expérience utilisateur. Les recommandations et les meilleures pratiques présentées dans ce mémoire serviront de guide pour les futurs projets, contribuant ainsi à l'innovation et à la modernisation des stations de lavage de voitures.

Références bibliographiques :

[1] : https://espace.etsmtl.ca/

[2] : https://theses.fr/2022GRALT106

[3] : https://www.ibisworld.com/

[4] : https://www.statista.com/

[5] : https://www.marketresearch.com/

[6] : https://www.carwash.org/

[7] : https://www.carwash.com/

[8] : https://www.autolaundrynews.com/

[9] : https://www.spray.com/fr-eu/produits/options-de-controle-de-la-pulverisation/controleur-de-pulverisation-autojet-modele-e1850

[10] : https://www.devicemed.fr/dossiers/equipements-de-production-et-techniques-de-fabrication/nettoyage/optimiser-un-procede-de-nettoyage-en-verifiant-tous-les-parametres-critiques/45986

[11] :https://www.researchgate.net/publication/355652191_Conception_et_mise_en_oeuvre_d'un_systeme_de_controle_d'acces_pour_les_batiments_intelligents_base_sur_la_reconnaissance_faciale_et_vocale_conjointe

[12] :https://theses.hal.science/tel-00004709/document

[13] : https://motorline.pt/fr/blog/comment-assurer-la-satisfaction-du-client-lors-de-linstallation-de-systemes-dautomatisation/

[14] : https://pastel.hal.science/tel-00006623/file/tel-00006623.pdf

[15] : https://fr.slideshare.net/slideshow/introduction-aux-systmes-automatiss/227653552

[16] : https://sc-st.univ-batna2.dz/sites/default/files/sc_st/files/archi._des_systemes_automatises.pdf

[17] : https://theses.hal.science/tel-00838016

[18] :https://www.mytopschool.net/mysti2d/activites/polynesie2/ETT/C044/32/Capteurs1/index.html?Introduction.html

[19] : https://elearning.centre-univmila.dz/a2024/pluginfile.php/80567/mod_resource/content/0/Chapitre02_Cours_Instrumentation_et_Mesures%20_1GM_2022.pdf#:~:text=Un%20capteur%20est%20un%20organe,nature%20diff%C3%A9rente%2C%20tr%C3%A8s%20souvent%20%C3%A9lectrique.

[20] : https://ww2.ac-poitiers.fr/electrotechnique/IMG/pdf/CAN_CNA.pdf

[21] : https://www.alamyimages.fr/femme-a-l-automobile-lavage-auto-lavage-de-voiture-manuel-d-une-station-service-nettoyage-a-l-eau-sous-pression-de-mousse-transport-auto-vehicule-concept-care-image217961593.html
[22] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Actionneur
[23] : https://www.festo.com/net/fr-be_be/SupportPortal/Files/703401/Verins%20Festo4Students.pdf
[24] : https://fac.umc.edu.dz/st/aut_log_vol1_v4.pdf
[25] : https://www.bis-electric.com/contenu-technique/commande-moteur
[26] : https://www.copadata.com/fr/produits/zenon-software-platform/visualisation-controle/quest-ce-qu-une-ihm-interface-homme-machine-copa-data/
[27] : https://mondial.paris/actualites/auto-pratique/laver-sa-voiture-sans-eau-comment-nettoyer-efficace-et-ecologique-22628.html
[28] : https://www.aquacleanconcept.com/conseils-sur-la-microfibre/331-nettoyer-ecologiquement-la-maison-pourquoi-choisir-les-lavettes-et-balais-en-microfibre.html
[29] : https://www.ebaraeurope.com/fr/produits/applications-pour-lindustrie/lavage-et-nettoyage/
: https://binarytech-dz.com/produit/capteurs-robotique/capteurs/capteurs-meteo/capteur-niveau-deau-etanche/
[30] : https://nodered.org/
[31] : https://flows.nodered.org/
[32] : https://github.com/node-red/node-red
[33] : https://discourse.nodered.org/
[34] : https://developer.ibm.com/
[35] : https://scholar.google.com/
[36] : https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/
[37] : https://www.jstor.org/
[38] : https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp
[39] : https://www.sciencedirect.com/
[40] : https://link.springer.com/
[41] : https://www.researchgate.net/
[42] : https://www.academia.edu/
[43] : https://www.worldcat.org/
[44] : https://arxiv.org/
[45] : https://www.ebscohost.com/

[46] : https://www.proquest.com/

[47] : https://books.google.com/

[48] : https://www.cia.gov/the-world-factbook/

[49] : https://www.data.gov/

[50] : https://www.vroomly.com/blog/station-de-lavage-auto-comment-ca-marche/